కరెంటు కథ

మహీధర నళినీమోహన్



ఓరియంట్ లాఙ్మన్

ఓరియంట్ లాఙ్మన్ లిమిటెడ్

రిజిస్టర్డ్ కార్యాలయం
3-6-272, హిమాయత్ నగర్
హైదరాబాద్ 500 029 (ఆం ప్ర)

ఇతర కార్యాలయాలు
కామాని మార్గ్, బల్లార్డ్ ఎస్టేట్, బొంబాయి 400 038
17 చిత్తరంజన్ అవెన్యూ, కలకత్తా 700 072
160 అన్నాసలాయి, మద్రాసు 600 002
1/24 ఆసఫ్ అలీ రోడ్డు, కొత్తఢిల్లీ 110 002
80/1 మహాత్మాగాంధీ రోడ్డు, బెంగుళూరు 560 001
3-6-272 హిమాయత్ నగర్, హైదరాబాద్ 500 029
బిర్లా మందిర్ రోడ్డు, పాట్నా 800 004
పాటియాలా హౌజ్, 16-ఎ, అశోక్ మార్గ్, లక్నో 226 001
ఎస్ సి గోస్వామి రోడ్డు, పాన్ బజార్, గౌహతి 781 001

ISBN 0 86125 914 9

ప్రచురణ
ఓరియంట్ లాఙ్మన్ లిమిటెడ్
3-6-272 హిమాయత్ నగర్, హైదరాబాద్ 500 029

టైప్ సెట్
మాస్టర్ గ్రాఫిక్స్, లక్డీకాపూల్ హైదరాబాద్ - 500 004

ముద్రణ
స్పీడ్ ప్రింట్, సైదాబాద్, హైదరాబాద్ 500 659

విషయసూచిక

నా మాట

"ఎలక్ట్రిసిటీ అంటే ఏమిటి?"

"ఏముందీ? విద్యుత్తు అని అర్థం"

"బాగుంది, పిల్లి అంటే మార్జాలం అన్నట్లుంది!"

"మరి ఎల్లా చెప్పమంటావు? అది తీగలగుండా అదృశ్యంగా ప్రవహిస్తుంది దీపాలు వెలిగిస్తుంది పంఖాలు తిప్పుతుంది నీళ్ళను మరిగిస్తుంది. మంచుగడ్డ తయారుచేస్తుంది యంత్రాలను నడిపిస్తుంది రేడియోలో పాటలు వినిపిస్తుంది. టీ.వీ లో సినిమాలు చూపిస్తుంది షాకు కొడుతుంది ప్రాణం తీస్తుంది. ఇంకా సవాలక్ష పనులు చేస్తుంది"

"నిజమే ఇవి అన్నీ ఎలక్ట్రిసిటీ చేయగల పనులు మాత్రమే. అంతేకాని, ఎలక్ట్రిసిటీ అంటే ఏమిటన్న ప్రశ్నకి ఇవేవీ జవాబులు కావు ఎలక్ట్రిసిటీ యొక్క స్వరూప స్వభావాలు ఏమిటి అని మన ప్రశ్నకి అర్థం "

"కంటికి కనిపించని దాని స్వరూపం ఏమిటో తెలుసుకోవడం ఎల్లాగ?"

"గాలి కంటికి కనిపించదు అయినా సరే అది అత్యంత సూక్ష్మ పరమాణువుల మయంఅనీ, అవి ఒకదానినొకటి నిరంతరమూ గుద్దుకుంటూ విడిపోతూ ఉంటాయనీ, అది మన శరీరాన్ని గుద్దుకోవడం ద్వారా వాటి ఉనికి మనకు అనుభూతం అవుతోంది అనీ తెలుసుకోగలిగేమా లేదా?"

"గాలిని స్పర్శద్వారా గ్రహించగలుగుతున్నాం కానీ మొట్టమొదట్లో – ఎలక్ట్రిసిటీని తయారుచేసే యంత్రాలు లేని రోజుల్లో – మన పంచేంద్రియాలకూ అతీతమైన కరెంటును గురించిన ఊహ ఎలా పుట్టింది అసలు?"

దీనికి 2500 సంవత్సరాల చరిత్ర ఉంది క్రీస్తుపూర్వం 6వ శతాబ్దంలో థేల్స్ అనే గ్రీకు విజ్ఞాని గట్టిపడిన పైను వృక్షాల బంక (ఏంబర్)ని ఉన్నిబట్టతో రుద్దితే అది ఎండుగడ్డి పరకలను ఆకర్షిస్తుందని ప్రమాదవశాత్తూ కనుక్కున్నాడు గ్రీకు భాషలో ఏంబర్‌ని "ఎలక్ట్రమ్" అంటారు దీనినుంచే ఎలక్ట్రిసిటీ అనే మాట పుట్టింది ఆ మాటకు "గడ్డిపరకలను ఆకర్షించే లక్షణం" అని మాత్రమే అప్పట్లో అర్థం

మబ్బులలో ఉరుములూ, మెరుపులూ పుడతాయి. పిడుగులు పడి ఇళ్లు కూలిపోతాయి, చెట్లు కాలిపోతాయి, జంతువులు చచ్చిపోతాయి. సంస్కృతంలో దీనిని "విద్యుత్" అన్నారు పిడుగు దేవేంద్రుని ఆయుధం అన్నారు. విద్యుల్లత, విద్యుదాఘాతం అనేవి దీనినుంచి పుట్టిన మాటలే

అయితే మబ్బులలో పుట్టే మెరుపుకీ, ఏంబర్‌కి గల తృణగ్రహణ శక్తికీ సంబంధం ఉందని చూచాయిగా కూడా ఎవ్వరికీ తెలియదు. 18వ శతాబ్దాంతంలో బెంజమిన్

ఫ్రాంక్లిన్ గాలిపడగ ప్రయోగం ద్వారా ఈ రెండూ ఒకటేనని రుజువు చేసే వరకూనూ ఎలక్ట్రిసిటీ అనే ఇంగ్లీషు మాటా, విద్యుత్ అనే సంస్కృత శబ్దమూ సమానార్థకాలనే గుర్తింపు ఈ విధంగా కలిగింది

మాగ్నీషియాలో క్రీ.పూ 4వ శతాబ్ది ప్రాంతాల ఇనుమును ఆకర్షించే రాళ్లు మొట్టమొదట దొరికేయనీ, దానినుంచే "మాగ్నెట్" (అయస్కాంతం) అనే మాట ఏర్పడిందనీ చెబుతారు. విద్యుత్తుకీ, అయస్కాంతానికీ చాలా పోలికలు కనిపించాయి సరేకానీ, ఈ రెండిటికీ గల సంబంధం ఏమిటో ఎవ్వరికీ తెలియలేదు నీళ్ళకి నీళ్లూ, ప్రసాదానికి ప్రసాదం అన్నట్లు అయస్కాంతం మీదా, కరెంటు మీదా వేరు వేరుగా పరిశోధనలు సాగుతూ ఉండేది

తల తీసేసిన కప్ప తాలూకు నాడులను కత్తిమొనతో ప్రమాదవశాత్తూ ముట్టుకోగా దాని కాళ్లు గిలగిలా కొట్టుకోవడం గమనించి, దాని ఆధారంగా నిరంతర విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఇవ్వగల "ఎలక్ట్రిక్ సెల్" నిర్మించగలగడం ఒక అద్భుత సన్నివేశం అది వివిధ రంగాలలో అనేకానేక ఆవిష్కరణలకు దారి తీసింది

విద్యార్థులకు పాఠం చెబుతూ ఉండగా ఒకానొక ప్రొఫెసర్ గారి చేతినుంచి విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న తీగ ప్రమాదవశాత్తూ జారిపడి, దగ్గరలో ఉన్న దిక్సూచి కదలడంతో విద్యుత్తు నుంచి అయస్కాంతాన్ని సృష్టించవచ్చునని 19వ శతాబ్ది ఆరంభంలో తెలుసుకున్నారు. ఈ ప్రమాదమే టెలిగ్రాఫు, టెలీఫోను కనిపెట్టడానికి దారితీసింది.

దీనికి సరిగ్గా తలకిందులుగా అయస్కాంతం నుంచి విద్యుత్తును తయారుచేయడానికి యూరపులోనూ, అమెరికాలోనూ భగీరథ ప్రయత్నాలు చేసి, చివరికి సాధించగలిగేరు ఈనాడు మనం వాడుకుంటున్న ఎలక్ట్రిసిటీ అంతా (99 99%) ఈ పద్ధతిలోనే ఉత్పత్తి అవుతోంది.

విద్యుత్తూ, అయస్కాంతమూ ఒకే నాణెంమీద బొమ్మా బొరుసూ వంటివి అనీ, ఇవి రెండూ తరంగాల రూపంలో సెకనుకి 3 లక్షల కిలోమీటర్ల వేగంతో ప్రయాణం చేస్తాయనీ 19వ శతాబ్దంలో ముందర గణితం ద్వారా తెలుసుకుని, దానిని తరువాత ప్రయోగపూర్వకంగా రుజువు చేయగలిగేరు దీనినుంచే రేడియో, టీ వీ , రాడార్ వంటి ఆధునిక ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలు తయారయాయి

గాలి తీసేసిన గాజు గొట్టంలో "హై వోల్టేజి డిశ్చార్జి" పరిశోధనలు చేస్తూ ఉండగా ప్రమాదవశాత్తూ x-కిరణాలు బయట పడ్డాయి 1885లో మరుసటేడు మరో ప్రమాద కారణంగా యురేనియం పరమాణువు గర్భ విచ్ఛిత్తిని కనుగొన్నారు వీటినుంచి అత్యంత సూక్ష్మమైన రుణ విద్యుత్కణాలు (ఎలక్ట్రానులు) విశ్వంలోని ప్రతీ పరమాణువులోనూ అంతర్భాగమై ఉన్నాయని తెలుసుకున్నారు వాటి బరువు గ్రాములో పదికోట్లకోట్ల కోట్ల కోట్లవ వంతు అని నిర్ణయించగలిగేరు

ఎలక్ట్రాను కన్నా 1840 రెట్లు బరువైన ధన విద్యుత్కణాలు (ప్రోటానులు)

ప్రతీపరమాణు "కేంద్రకం" లోనూ నిర్ణీత సంఖ్యలలో ఉన్నాయని తెలుసుకున్నారు ఈ ధన, రుణ విద్యుత్కణాల సమ్మేళనంతోనే విశ్వంలోని ద్రవ్యం అంతా నిర్మింపబడిందని కనుక్కొన్నారు

జీవుల శరీరాలలో ఏ కండరం కదలాలన్నా టెలిగ్రాఫు తీగలలాగా అల్లిబిల్లిగా అల్లుకుపోయిన నాడుల ద్వారా సంకేతాలు "ఎలక్ట్రిక్ పల్స్" రూపంలో పంపబడతాయనీ; గుండె కొట్టుకోవాలన్నా, మెదడు ఆలోచించాలన్నా విద్యుత్తు తప్పనిసరి అనీ తెలుసుకున్నారు ఆ విద్యుత్తు నాడులలోనే తయారవుతోంది ఈ విధంగా ప్రాణానికి ఆలంబనం విద్యుత్తే.

25శతాబ్దాలుగా నడుస్తున్న విద్యుత్పరిశోధన కథాసరిత్సాగరమే ఈ కరెంటు కథ అంతేకాదు, సామాన్యులకు అత్యద్భుతంగానూ, అలౌకికంగానూ కనిపించే ఈ మహత్తర ఆవిష్కరణలను శాస్త్రజ్ఞులు ఏ విధంగా సాధించగలిగేరో, వాటిని కనిపెట్టడంలో వారి ఆలోచనా ధోరణులు ఏ విధంగా తీగలు సాగేయో వివరించడానికి ప్రయత్నించాను ఈ మహాప్రస్థానంలో ఆయా శాస్త్రకారుల విజయపరంపరలనే కాకుండా–వారు గమ్యాన్ని చేరుకునే ప్రయత్నంలో చేసిన పొరపాట్లు, వాటిని సరిదిద్దుకున్న పద్ధతులు, పూర్వపరిశోధనల నిచ్చెనమెట్ల మీదుగా పైపైకి ఎక్కగలిగిన వైనాలు ప్రదర్శించాలని ప్రయాసపడ్డాను ఈ రంగంలో కృషిచేసిన ప్రముఖ శాస్త్రజ్ఞుల జీవితాలలోని ఆసక్తికర సన్నివేశాలూ, వారి సంతోషాలూ, విచారాలూ, కష్టాలూ, కావేషాలూ కూడా అవశ్య పఠనీయాలేననీ, బరువైన వైజ్ఞానిక విషయ వర్ణనలతో ఇవి పాఠకులను ఉల్లాస పరుస్తాయనీ నమ్ముతూ ఆ ఘట్టాలను కూడా చేర్చాను.

రామాయణం అంతా విని రాముడికి సీత ఏమవుతుంది? అని అడిగినట్లు –ఇది అంతా చదివేక "ఇంతకీ కరెంటు అంటే ఏమిటి?" అని పాఠకులు ప్రశ్న వేసినా ఆశ్చర్యపడను కరెంటు ఎలా ప్రవర్తిస్తుందో శాస్త్రజ్ఞులు చూపించగలిగేరేకాని, కరెంటు అంటే ఏమిటో అంత నిక్కచ్చిగా వివరించలేదనే చెప్పాలి

అది ఒకరకమైన శక్తి

అది ఒకరకమైన కణములు

అది ఒకరకమైన తరంగాలు

ఆశక్తిని గురించీ, ఆకణములను గురించీ, ఆతరంగములను గురించీ మనకు చాలానే తెలుసు

మహీధర నళినీమోహన్

ఢిల్లీ
ఏప్రిల్, 1992

అంకితం

ఆంధ్ర దినపత్రికాంభోధిని
ఆపోశన పట్టిన అగస్త్యునికి
భ్రష్ట రాజకీయ వ్యవస్థ మీద
వ్యంగ్య ధ్వజమెత్తిన "బులేనా" కథాస్రష్టకు
శ్రీ పొత్తూరి వెంకటేశ్వరరావు గారికి

1 గంతులు వేసే గడ్డిపరకలు

బాబిలోనియాలో యూదులు బానిసత్వం అనుభవిస్తున్న రోజులలో –

మహావీరుడు జైన మతస్థాపనకు ఉద్యమిస్తున్న కాలంలో –

పాణిని అష్టాధ్యాయికి మెరుగులు దిద్దుతున్న ఘడియలలో –

గ్రీసులో – ఏగియన్ సముద్రతీరంలో – మైలెటస్ రేవు పట్టణం వెలుపల – పురాతన జేవుస్ దేవాలయ శిధిలాలలో– ఒక బండరాతి మీద కూర్చుని, దీర్ఘాలోచనలో మునిగిఉన్నాడు ఒక ఆజానుబాహువు నడివయస్కుడు. ఆయన చేతిలో తేనె రంగులో మెరుస్తున్న గులకరాయి వంటి వస్తువేదో ఉంది. దానిని ఆయన ఎండకేసి తిప్పి చూశాడు. అందులో నుంచి సూర్య కిరణాలు గోధుమ – పసుపు వన్నెలలో తళుక్కుమన్నాయి. రాగి రంగు గడ్డాన్ని సవరించుకుంటూ, కనుబొమ్మలు ముడి వేసి, తదేకంగా పరిశీలించాడు.

"ఇందులో ఏం కనిపిస్తోందో చూడు" అని ఆ వస్తువును శిష్యుడి చేతికిచ్చేడు.

"ఏదో సాలీడులా ఉంది. ఇంతకీ ఆ పురుగు ఈ రాతిలో ఎల్లా దూరింది స్వామీ!" అన్నాడు శిష్యుడు.

"ఇది రాయి కాదు నాయనా!"

"మరి?"

"పైన్ వృక్షాలనుంచి కారిన బంక గట్టిపడి ఇల్లా తయారైంది. ఆ బంకలో ఈ పురుగు చిక్కుకుంది. దానిమీద మరికొంత బంక పడింది. అది గట్టి పడింది".

"బంక ఇంత గట్టిగా ఉంటుందా? స్వామీ!"

"ఆ బంకమీద మన్నూ మశానమూ, రాళ్లూ రప్పలూపడి, గట్టిగా నొక్కేశాయి. క్రమంగా రాయిలాగ కఠినమైంది"

బుజంమీద ఉన్న గొంగళీతో ఆ తేనె రంగు రాతిని శుభ్రంగా తుడిచి, బండమీద పెట్టేడు. దగ్గరలో పడివున్న ఎండుగడ్డిపరక ముక్కలు ఆ రాతిని అతుక్కున్నాయి. దానిని పైకెత్తితే అతుక్కున్న గడ్డిపరకలు కూడా లేచి వచ్చాయి!

శిష్యపరమాణువు ఆశ్చర్యంతో కళ్లు ఇంతింత చేసుకు చూశాడు. గడ్డి పరకల్ని పట్టుకుని లేవదీసే రాతిని చూడడం ఇదే మొదటి సారి

"అదేమిటి స్వామీ! ఆ బంక రాతికి ప్రాణం ఉందా?".

"ఏమో!" అన్నాడాయన పరాగ్గా, గడ్డం సవరించుకుంటూ, "ఇందులో ఇంకో చమత్కారం ఉంది చూడు" అని ఒక నీటి చుక్కని ఆ రాయి మీద వేశాడు.

వెంటనే దానికి అతుక్కొని ఉన్న గడ్డిపరకలన్నీ జారి కిందపడిపోయాయి!

శిష్యుడి ఆశ్చర్యానికి అంతులేదు. "నీళ్లు తగలగానే ఆ రాతిలో ఉన్న ప్రాణం పోయినట్లుంది స్వామీ!"

నుదుటి మీద ముడతలు పడ్డాయి.

శిష్యుడు మళ్లీ అందుకున్నాడు. "జీవులన్నీ నీళ్లకోసం తహతహలాడి పోతాయి. ఈ బంకరాయి వ్యవహారం దీనికి తలకిందులుగా ఉంది. దీనిఅర్థం ఏమిటి గురూజీ!"

"అదే అంతుపట్టకుండా ఉందోయ్"

"ఈ రాయి ఎక్కడ దొరికిందండీ?"

"డాన్యూబు నదీ తీరం నుంచి వచ్చిన ఒక వర్తకుడి దగ్గర కొన్నాను. అక్కడి అందగత్తెలు దీన్ని హారంలో గుచ్చి మెళ్లో వేసుకుంటారుట"

"లోకంలో ఎన్ని విచిత్రాలున్నాయో!"

"పృథివి విశాలమైనది అన్నారు కదా?

వాళ్లు దీనిని ఏంబర్ అంటారు. మన భాషలో దీనిని 'ఎలక్ట్రమ్' అందాం".

* * *

ఈ సంఘటన క్రీస్తు పూర్వం ఆరు శతాబ్దాల కిందట జరిగింది. ఆ గ్రీకు పండితుడి పేరు థేల్స్ (క్రీ.పూ. 640 – 546). అతణ్ణి ఆది శాస్త్రజ్ఞుడిగా లోకం గుర్తించింది. అతడు ఉపయోగించిన ఎలక్ట్రమ్ అనే మాటుకి 'గడ్డిని ఆకర్షించేది' అని అర్థమట. ఈ మాటనుండే మరో 22 శతాబ్దాల తరవాత 'ఎలక్ట్రిసిటీ' అనే మాట పుట్టింది. దీనిని 'తృణగ్రాహిత్వం' అనే అర్థంలోనే మొట్టమొదట్లో వాడేవారు.

గడ్డిపరకలని ఆకర్షించగల ఏంబర్ రాళ్లు ఉన్నట్లే, ఇనుపముక్కలని ఆకర్షించగల 'సూదంటు రాళ్లు' ఉన్నాయి. వీటిని మొట్టమొదటిసారి కనుగొన్నది గ్రీకులే. ఆ దేశపు కొండచరియలలో గొర్రెలని మేపుకుంటున్న ఒక ముసలివాడి చేతికర్ర చివర బిగించిన ఇనుపపొన్ను హఠాత్తుగా ఒక రాతికి అతుక్కుపోయి, బలంగా పీకితేగాని ఊడిరాలేదట. అతడిపేరు 'మాగ్నెస్' అనీ, దాని నుంచే 'మాగ్నెట్' అనే మాట పుట్టిందనీ కథ చెబుతారు.

ఇటువంటి 'అయస్కాంతపు' * రాళ్లు (సూదంటురాళ్లు) ప్రకృతిలో చాలా చోట్ల

సంస్కృతంలో 'అయస్' అంటే ఇనుము అనీ, 'కాంతం' అంటే ఆకర్షించేది అనీ అర్థం ఈ రెండు మాటలూ కలిసి, అయస్కాంతం అయింది

కనిపిస్తాయి. అది 'మాగ్నెటైట్' (Fe_3O_4) అనే ఒక రకమైన లోహ శిల. పిడిగుపాటువల్ల ఈ రాళ్లు అయస్కాంతాలుగా మారే అవకాశం ఉంది.

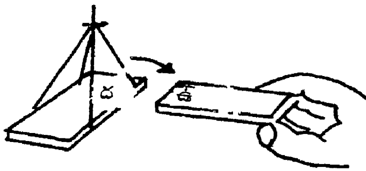
సూదంటురాళ్లమీద కూడా థేల్స్ పరిశోధన జరిపేడు. ఈ రాళ్లు ఇనుమును ఆకర్షించడమే కాకుండా, మరో సూదంటురాయిని ఒక్కొక్కప్పుడు వికర్షిస్తాయని తెలుసుకున్నాడు. సూదంటురాతితో మామూలు ఇనుపముక్కని చాలాసార్లు రుద్దితే ఆ ఇనుపముక్కకి కూడా అయస్కాంత లక్షణం అబ్బుతుందని తెలుసుకున్నాడు.

గ్రీకులు గొప్ప తత్త్వవేత్తలు. గణిత, ఖగోళ, వైద్యశాస్త్రాలలో వారు చాలా అభివృద్ధి సాధించేరు. కేవలం తర్కం మీద విపులమైన సిద్ధాంత చర్చలు చెయ్యడం వారికి చాలా ఇష్టం. ప్రయోగ పూర్వకమైన రుజువులు చూపించడంమీద వారికి చాలా చిన్నచూపు ఉండేది. కాయకష్టం చెయ్యడం క్షుద్రులైన బానిసలకి తగుతుందే కాని, తమ బోటివారికి అది చిన్నతనం అనుకునేవారు. ఈ కారణంచేత 'ప్రయోగం' (Expenment) అనేది వారికి అచుంబిత ప్రక్రియ. ఈ సామాన్య జాతిలక్షణానికి మినహాయింపు థేల్స్ లోనూ, ఆర్కిమిడీస్‌లోనూ కనిపిస్తుంది.

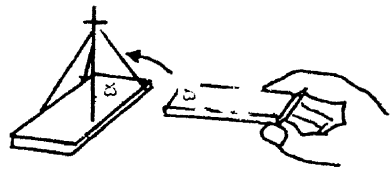
మొత్తం మీద 'విద్యుత్తు' ను (Electncity) గురించీ, దానితో పోలికలున్న అయస్కాంతాన్ని గురించీ అనేక శతాబ్దాలపాటు ఆలోచించిన వాడే లేకపోయాడు.

పీటర్ పెరిగ్రిన్

13 వ శతాబ్దంలో పీటర్ పెరిగ్రిన్* అనే ఫ్రెంచి ఆర్మీ ఇంజనీరుకి అయస్కాంతం మీద



విజాతి ధ్రువాలు ఆకర్షించుకుంటాయి

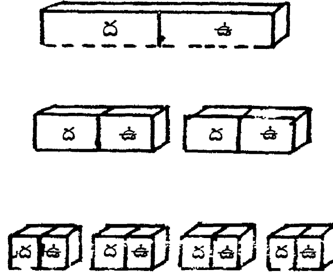


సజాతి ధ్రువాలు వికర్షించుకుంటాయి

* ఇతడినే "పెరిగ్రినస్" అని కూడా వ్యవహరిస్తారు ఆ కాలంలో తమ పేర్లను గ్రీకు ఉచ్చారణకు అనుగుణంగా మార్చుకోవడం ఫేషను

ఆసక్తి పుట్టి, పరిశోధన మొదలుపెట్టేడు. పూర్వం థేల్స్ చేసిన ప్రయోగాలన్నీ తాను మళ్లీ చేసి చూశాడు.

ప్రతీ అయస్కాంతానికీ ఉత్తరం, దక్షిణం అనే రెండు ధ్రువాలు ఉంటాయని కనుక్కున్నాడు.



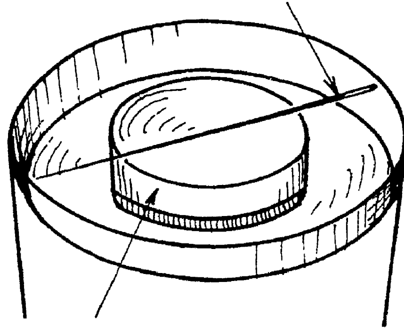
అయస్కాంతాన్ని రెండు ముక్కలుగా విరిస్తే, రెండు పూర్తి అయస్కాంతాలు అవుతాయి.

సజాతి ధ్రువాలు వికర్షించుకుంటాయనీ, విజాతి ధ్రువాలు ఆకర్షించు కుంటాయనీ తెలుసుకున్నాడు.

అయస్కాంతాన్ని రెండుముక్కలుగా విరిస్తే, రెండు భాగాలూ వేరు వేరు అయస్కాంతాలు అవుతాయని గ్రహించాడు.

అయస్కాంతాన్ని దారంతో వేలాడదీసి, నీళ్లల్లో జీలుగుబెండు సాయంతో తేలించి, ఎల్లప్పుడూ ఉత్తర–దక్షిణాలనే చూపించే దిక్సూచిని తయారు చేశాడు.

ఇది ఏమంత గొప్ప పరిశోధన? అని కొందరికి అనిపించవచ్చు. కానీ, అతడు జీవించిన సమాజ పరిస్థితులూ, అప్పటికి తెలిసిన విజ్ఞాన శాస్త్ర పరిధీ లెక్కలోకి తీసుకు చూస్తే ప్రయోగం అనేది అవసరమని అతడు గుర్తించడమే చాలా గొప్ప విషయం. పరిశోధన అంటేనే ఆనాటి క్రైస్తవ మతాధికారులకి కంటగింపుగా ఉండేది. 1600 ఏళ్ల క్రితం అరిస్టాటిల్ చెప్పిన సంగతులుతప్ప ఏ కొత్త విషయాలనూ చర్చి అంగీకరించేది కాదు. కొత్త పరిశోధన ఏదైన సరే తమ మతానికి ప్రతికూలమే అని నమ్మి, వైజ్ఞానిక జిజ్ఞాసని అణచివేయడానికి విశ్వప్రయత్నాలు చేశారు. జుర్మానాలు, వెలి, ఖైదు, చిత్రహింసలు, మరణ శిక్షలు – అన్నీ ప్రయోగించేవారు. అటువంటి అంధకార యుగంలో ఒక చిన్న దీపాన్ని వెలిగించడమే ఎంతో గొప్ప విషయం. ఆపని పీటర్



జీలుగు బెండు

పెరిగ్రిన్ ప్రారంభించాడు. ఇతడిని రోగర్ బేకన్(1220 – 1292) అనే బ్రిటిష్ తత్త్వవేత్త చాలా మెచ్చుకున్నాడు. "వైజ్ఞానిక పరిశోధనరంగంలో ప్రయోగ ఆవశ్యకత అంతా ఇంతా కాదు. ఆ పని చేస్తున్నవాడు పీటర్ ఒక్కడే. మిగిలినవారు అంతా చీకట్లో తడుములాడుకుంటూ ఉంటే ఇతడు ప్రయోగ ప్రక్రియలో దిట్ట కావడంచేత ప్రకృతి సత్యాన్ని సూర్యకాంతిలో చూసినంత స్పష్టంగా చూడగలడు" అన్నాడు.

పెరిగ్రిన్ వ్రాతలు ఇప్పుడు మనకు ఎక్కువ లభించడంలేదు. కనుక ఇతడి ఇతర పరిశోధనల వివరాలు ఏమీ మనకు తెలియవు.

విలియం గిల్బర్ట్ (1540–1603)

మరో 300 ఏళ్లపాటు ఈ రంగంలో కొత్త పరిశోధన లేవీ జరుగలేదు.

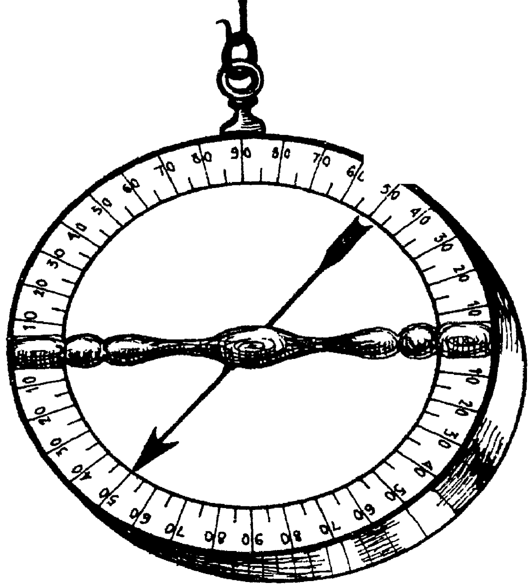
16వ శతాబ్ది చివరి భాగంలో విద్యుత్తు మీద చెప్పుకోదగ్గ పరిశోధన చేసినవాడు విలియం గిల్బర్ట్

ఇతడు ఇంగ్లండులో కోల్‌చెస్టర్‌లో పుట్టేడు. కేంబ్రిడ్జిలో వైద్యమూ, గణితమూ చదువుకున్నాడు. మొదటి ఎలిజబెత్ రాణీకి ఆస్థాన వైద్యుడుగా పనిచేశాడు. ఆ సమయంలోనే అయస్కాంతాలతో కొన్ని మౌలిక పరిశోధనలు చేశాడు.

ఇనుముకీ, ఉక్కుకీ అయస్కాంత ధర్మాలు భిన్నంగా ఉంటాయనీ, ఇనుమును సులభంగా అయస్కాంతంగా మార్చవచ్చుననీ, కానీ ఉక్కులో అయస్కాంత ధర్మం చాలాకాలందాకా నిలిచి ఉంటుందనీ ఇతడు తెలుసుకున్నాడు.



విలియం గిల్బర్ట్ (1540 – 1603)



"అయస్కాంతనతి"ని సూచించే
అడ్డ ఇరుసు మీది అయస్కాంత సూది

భూగోళమే ఒక అయస్కాంతం

అయస్కాంతపు ముల్లును నిట్టనిలువు ఇరుసుమీద కాకుండా, భూసమాంతరమైన (Horizontal) ఇరుసుమీద తిరగనిస్తే, భూగోళం మీద వివిధ అక్షాంశాల దగ్గర ఇది వేరు వేరు కోణాలలో (Dip = నతి) వంగి ఉంటుందని రాబర్ట్ నోర్మన్ అనే లండన్ మెకానిక్కు ఒకడు తెలుసుకున్నాడు. ఈ ప్రవర్తనకి సరియైన కారణాన్ని గిల్బర్ట్ వివరించగలిగేడు.

గుల్లగా ఉన్న గ్లోబులోపల ఒక అయస్కాంతపు కడ్డీని ఉంచి, అచ్చంగా భూఅయస్కాంతాన్ని అనుకరించాడు గిల్బర్ట్. దాని మీద వివిధ ప్రదేశాలలో అయస్కాంత సూచి (Magnetic needle)ని అడ్డ ఇరుసు (Horizontal axis) మీద అమర్చి, అక్షాంశాన్ని బట్టి ఆ సూచి వంగేకోణం అచ్చంగా నోర్మన్ చెప్పినట్లే మారుతోందని బొమ్మలతో సహా వివరిస్తూ, 1600 సంవత్సరంలో "అయస్కాంతం" అనే పేరుతో ఒక గ్రంథాన్ని వ్రాసి, ప్రచురించాడు.

ఆ కాలంలో దిక్సూచి గురించి బోలెడు పిచ్చినమ్మకాలు ప్రచారంలో ఉండేవి. ఓడలోని వాడెవడైనా వెల్లుల్లిపాయ తిని దిక్సూచి దగ్గరగా వెడితే ఆ గాలి తగిలి దిక్సూచి పాడైపోతుంది! వజ్రపుటుంగరాన్ని దగ్గరగా తెస్తే దిక్సూచి దిక్కులు తప్పు చూపిస్తుంది! ఈ విధంగా పాడైపోయిన దిక్సూచిని మేక రక్తంతో కడిగితే అది మళ్లీ బాగుపడుతుంది!

ఇటువంటివన్నీ బుద్ధిలేని కాకమ్మకబుర్లని గిల్బర్ట్ నిర్మొహమాటంగా విమర్శించాడు. ఈ మూఢనమ్మకాలన్నిటినీ ఒక్క ప్రయోగంతో ఎగరగొట్టి పారెయ్యగలనని ప్రకటించాడు.

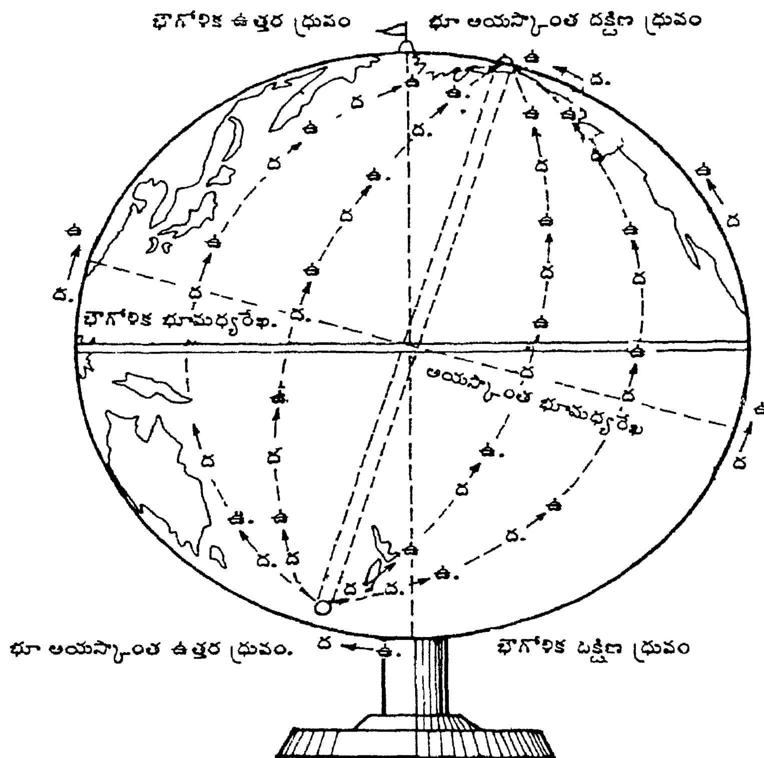
అయస్కాంతం ఇనుమును ఆకర్షించగలగడానికి కారణం అందులో ఏదో భూతం దాంకుని ఉండడమేనని ఆకాలంలో చాలా మంది నమ్మేవారు. ఈ అభిప్రాయాన్ని గిల్బర్ట్ ఈసడించాడు. కాని, సరియైన కారణాన్ని తానూ వివరించలేకపోయాడు. మరో మూడు శతాబ్దాలు గడిస్తే కాని దీనికి సమాధానం దొరకలేదు.

ఏంబర్ ఒక్క గడ్డిపోచలనే ఆకర్షిస్తుందని అనాదిగా వస్తున్న నమ్మకాన్ని గిల్బర్ట్ తోసి పారేశాడు. అది ఆకర్షించగల వస్తువులు ఇంకా చాలా ఉన్నాయని చూపించేడు. ఎండిన ఆకుముక్కలనీ, కర్రముక్కలనీ, రాతినలుసులనీ, మట్టి రేణువులనీ ఇంకా ఎన్నెన్నో ఇతర వస్తువులనీ ఏంబర్ ఆకర్షిస్తుందని ప్రయోగపూర్వకంగా రుజువు చేశాడు. ఇల్లాగ ఆకర్షించగల శక్తి ఒక్క ఏంబరుకేకాదు వజ్ర వైడూర్య గోమేధిక పుష్యరాగాది రత్నాలకీ, గాజుకీ, గంధకానికీ, లక్కకీ కూడా ఉన్నదని ప్రదర్శించాడు. దీనితో "తృణ గ్రాహకత్వం" సృష్టిలో అపురూపమైనదేమీ కాదని తేలిపోయింది.

రుద్దడం వల్ల తృణగ్రహణ శక్తిని పొందే ఏంబర్, గాజు, గంధకం వంటి వస్తువులను "ఎలక్ట్రిక్స్" అనీ, ఈ శక్తికి "ఎలక్ట్రిసిటీ" అనీ పేర్లు పెట్టేడు గిల్బర్ట్.

ఈ వస్తువులకి ఈ ఆకర్షణశక్తి ఏవిధంగా కలుగుతుంది అన్న సమస్యకి గిల్బర్ట్ చిత్రమైన కారణం చెప్పేడు. పువ్వులనుంచి వాసన అన్ని దిశలకూ ప్రసరిస్తుంది; ఆ వాసనవల్ల పురుగులు ఆ పువ్వు వైపుగా ఆకర్షింపబడుతున్నాయి. అల్లాగే ఏంబర్ వంటి కొన్ని ప్రత్యేక వస్తువులనుంచి "ఎఫ్లూవియం" అనే కనిపించని ద్రవ్యం బయటికి పోతూ ఉంటుందనీ, ఈ ద్రవ్యం ఏ వస్తువుని తగిలితే అది ఆ ఎఫ్లూవియం బయలు దేరిన వస్తువు వైపుగా ఆకర్షింపబడుతుందనీ అతడు సిద్ధాంతం చేశాడు. కాని, ఇది తప్పు అని ఈనాడు మనకి తెలుసు.

17వ శతాబ్ది ఆరంభం వరకూ జీవించిన గిల్బర్ట్ మూఢవిశ్వాసాల మీద ఎత్తిన ధ్వజం వైజ్ఞానిక పురోభివృద్ధికి చాలా సాయపడింది. ప్రకృతి శక్తులను అర్థం చేసుకోడానికి ఆరోగ్యకరమైన వరవడి ఏర్పడింది.



విలియం గిల్బర్ట్ సూచించిన భూ అయస్కాంతం

శాస్త్ర విజ్ఞానం ముందుకి సాగిపోవడానికి మూఢ విశ్వాసరాహిత్యం ఒక్కటే చాలదు. దానికి సరియైన రంగస్థలం ఏర్పడాలి.

అయస్కాంత, విద్యుత్ శక్తుల పరిశోధన మిగిలిన శాస్త్రాల అధ్యయనం కన్న తాత్కాలికంగా వెనుకబడింది. తక్కిన సమీప రంగాల విజ్ఞానం పెరిగితే కాని ఈ శాఖలలో ముందుకి వెళ్లడం సాధ్యం కాదనిపించింది. వివిధ వైజ్ఞానిక శాఖలకు ఇచ్చిపుచ్చుకునే పరస్పర సంబంధం ఉంది. ఉదాహరణకి : అయస్కాంతం ఇనుమునీ, రుద్దిన ఏంబర్ గడ్డిపరకలనీ ఎందుకు ఆకర్షిస్తాయో కారణాలు వెదుకబోవడం ఆనాటి వైజ్ఞానిక పరిధుల్లో లాభం లేని పని. అసలు ఒక వస్తువు ఇంకొక వస్తువుని ఎందుకు ఆకర్షిస్తుందో, ఎల్లా ఆకర్షిస్తుందో అర్థం చేసుకోవాలి. కనుక 17వ శతాబ్దపు హేమాహేమీలవంటి శాస్త్రజ్ఞులు విద్యుత్తునీ, అయస్కాంతాన్నీ పక్కకు పెట్టి, గురుత్వాకర్షణ, కాంతి లక్షణాలు, గాలి

వత్తిడి వంటి రంగాలమీదికి తమ దృష్టిని మరలించారు; ఆ రంగాలలో మానవ విజ్ఞానం పెద్ద పెద్ద అంగలతో ముందుకి సాగిపోయింది.

విద్యుత్తూ, అయస్కాంతమూ కేవలం వినోద వస్తువులుగా మిగిలిపోయాయి.

రాబర్ట్ బోయిల్ (1627–1691)

రాబర్ట్ హుక్ (1635–1703)



రాబర్ట్ బోయిల్ (1627 – 1691)

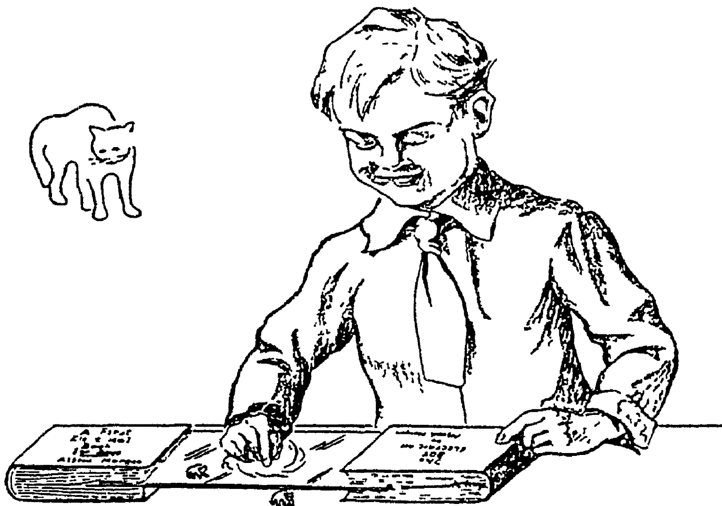
గాలి వత్తిడి లక్షణాల మీద గొప్ప పరిశోధన చేసిన రాబర్ట్ బోయిల్, అతని శిష్యుడు రాబర్ట్ హుక్ ఇంగ్లండులో అయస్కాంత, విద్యుత్ రంగాలలో ముఖ్య మైన చిన్న పరిశోధన ఒకటి చేశారు. తాము కనిపెట్టిన గాలి పంపు సాయంతో గాజు సీసాలోని గాలిని బయటికి తోడేసి, ఆ సీసాలోపల ఉంచిన చిన్న ఇనుప ముక్కని సీసా బయటున్న అయస్కాంతం ఆకర్షించగలుగుతుందా లేదా అని పరిశీలించారు. అయస్కాంతం నిక్షేపంలా ఆకర్షించింది. మధ్యలో గాలి లేకపోవడం అయస్కాంత శక్తి ప్రసరణకి ఆవగింజంత ఆటంకం కూడా కలిగించలేదు. అల్లాగే శూన్య ప్రదేశంలో ఉంచిన ఎండుగడ్డి పరకలని ఏంబర్ యధా ప్రకారంగానే ఆకర్షించగలిగింది. అంటే ఈ రెండు శక్తులూ ప్రసరించడానికి "మాధ్యమం" (Medium) ఏమీ అవసరం లేదన్నమాట. అయితే ఏ పదార్థమూ లేని శూన్యం గుండా ఈ శక్తులు ఎగిరి గంతేసి, దూరాన ఉన్న వస్తువులమీద ఎల్లా పని చేస్తున్నాయి? ఈ "దూరక్రియ" (Action at a distance) అనేది అసలు ఎల్లా సాధ్యం? అని వారు ప్రశ్నించారు.

ఈ ప్రశ్నకి సంతృప్తికరమైన సమాధానం దొరకలేదు. జవాబు దొరుకని ఈ గడ్డు ప్రశ్నని పక్కకి పెట్టి, విద్యుత్తుతో ఆడపిల్లల జుట్టు లేచి నిలబడేటట్లు చేయడం వంటి సరదాలతో కొంత కాలక్షేపం చేసి, చెయ్యి కడుక్కున్నారు.

ఐజాక్ న్యూటన్ (1642–1727)



ఐజాక్ న్యూటన్ (1642 – 1727)



గాజు పలకను సిల్కు బట్టతో రుద్దితే
కాగితం బొమ్మలు గంతులు వేస్తాయి.

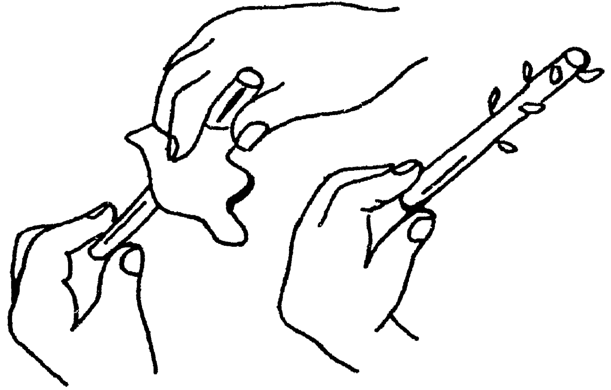
భౌతిక, గణిత శాస్త్ర పరిశోధన రంగంలో హిమవత్పర్వతంలాంటి న్యూటన్‌కి కూడా అయస్కాంతమూ, విద్యుత్తూ అంతుపట్టనివిగానే మిగిలిపోయాయి.

గాజు పలకని సిల్కుబట్టతో రుద్ది, చిన్న చిన్న కాగితం ముక్కలని గంతులు వేయించడంతప్ప మరేమీ చెయ్యలేదు. ఈ విద్యుత్తు వల్ల అయస్కాంతానికి ఉన్నపాటి స్వల్ప ఉపయోగం కూడా లేదని ఆయనకి అనిపించింది!

ఓటోఫాన్ గెరిక్ (1602–1686)



ఓటోఫాన్ గెరిక్ (1602 – 1686)



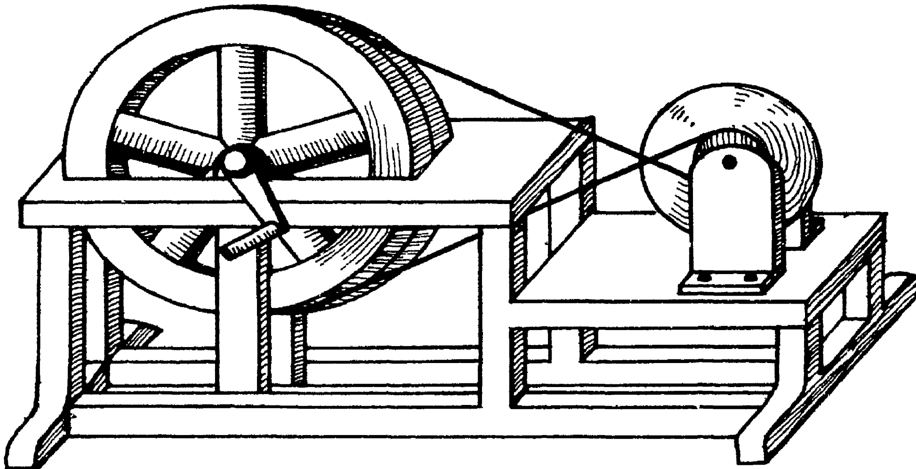
గాజుని సిల్కుబట్టతో రుద్దితే కాగితం ముక్కలను ఆకర్షిస్తుంది

గాజుకడ్డీని సిల్కుబట్టతో రుద్దితే విద్యుత్తు పుడుతుంది. చిన్నకాగితం ముక్కలని ఆకర్షిస్తుంది. కాని దీనితో వచ్చిన ఇబ్బంది ఏమిటంటే – భుజశక్తిని విస్తారంగా ఖర్చుచేసి రుద్దగా రుద్దగా స్వల్పంగా విద్యుత్తు తయారవుతుంది. పెద్ద మొత్తంలో సులభంగా తయారు చేయగలిగితే తప్ప దీని వల్ల ఎక్కువ ఉపయోగం కనిపించడంలేదు. దీనిని సాధించడానికి పూనుకున్నవాడు ఓటోఫాన్‌గెరిక్ అనే జర్మన్ శాస్త్రజ్ఞుడు. ఇతడు గాలిపంపు తయారు చేశాడు. సైకిలు పంపుకి సరిగ్గా తలకిందులుగా పనిచేసే "వాక్యూం పంపు" (Vaccum Pump) సాయంతో రెండు ఇత్తడి అర్ధగోళాల మధ్యనున్న గాలి తీసేసి, ఆ రెండిటినీ విడదీయడానికి అటూ ఇటూ చెరో ఎనిమిదేసి గుర్రాలచేత లాగించి, గాలి వత్తిడికి గల అసాధారణ బలాన్ని 1650లో ప్రయోగపూర్వకంగా రుజువు చేసిన విజ్ఞాని ఇతడే. మాగ్దెన్‌బర్గ్ పట్టణానికి "మేయరు" గా ఉంటున్న ఇతడికి శాస్త్రపరిశోధనమీద

ఇంతటి ఆసక్తి ఎలా కలిగిందో, అంతటి తీరిక ఎక్కడిదో తెలియదు.

గంధకాన్ని ఉన్ని బట్టతో రుద్దితే విద్యుత్తు పుడుతుందని మూడు తరాల కిందట విలియం గిల్బర్ట్ తెలుసుకున్న సంగతిని గెరిక్ ఉపయోగించుకున్నాడు తన కొత్త విద్యుద్యంత్ర నిర్మాణానికి. 'చంటి బిడ్డ తలకాయ' అంత గంధక గోళంలో ఇరుసుదూర్చి, చక్రానికి అమర్చి, రాట్నంతో కదురుతిప్పినట్లు అతి వేగంగా తిప్పే ఏర్పాటు చేశాడు. తిరుగుతున్న గంధకగోళాన్ని ఒరుసుకునేటట్లు ఒక ఉన్నిబట్టను పట్టుకుంటే చాలా సులభంగా వెనుకటి కన్న పెద్ద మోతాదులో విద్యుత్తు తయారైంది. దీని సహాయంతో గెరిక్ మూడు ముఖ్య విషయాలు కనిపెట్టేడు.

1. విద్యుత్తువల్ల రవ్వలు (Sparks) పుడతాయి. అంటే విద్యుత్తు డిశ్చార్జి అయినప్పుడు వెలుగు, చప్పుడు పుడతాయి. ఈ ప్రయోగాలలో రవ్వలు చాలా అల్పంగానే వచ్చాయి. వాటిని చూడడానికి శ్రద్ధగా పరిశీలించడం అవసరం.



ఓటోఫాన్ గెరిక్ నిర్మించిన విద్యుద్యంత్రం

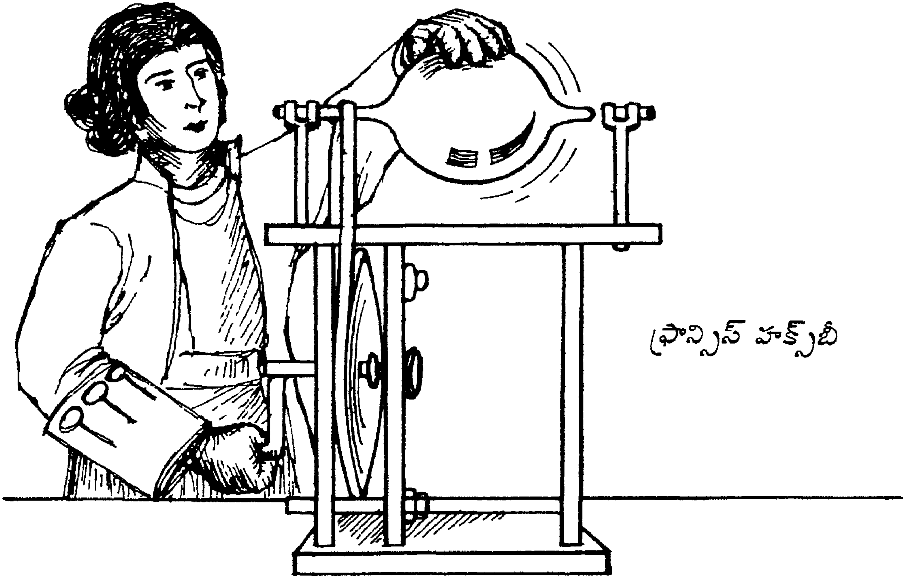
2. రెండు విద్యుత్తులు ఒకదానినొకటి ఒక్కొక్కప్పు ప ఆకర్షించుకుంటాయి; ఒక్కొక్కప్పుడు వికర్షించుకుంటాయి. ఉదాహరణకి, పక్షి-ఈకని విద్యుదావేశితమైన గంధక గోళానికి దగ్గరగా తీసుకువెళ్లి వదిలేస్తే ఆ ఈక గంధక గోళం వైపు లాగబడుతుంది. కాని, గోళానికి తగిలిన తరవాత ఈక వికర్షింపబడుతుంది! అటుతరవాత గోళానికి కొంచెం పైన గాలిలో తేలుతూ ఉండిపోతుంది. అప్పుడు

ఆ ఈకని చేతితో ముట్టుకున్నా, లేక మంటకి దగ్గరగా తీసుకువెళ్లినా అది మళ్లీ గంధక గోళంచేత ఆకర్షించబడుతుంది. కాని, గోళానికి తగిలేక మళ్లీ దూరంగా జరిగిపోతుంది. ఈ విధంగా అనేకసార్లు జరగడం ఆయన గమనించాడు. ఈ వింత ప్రవర్తనకి కారణం మాత్రం ఆయన చెప్పలేకపోయాడు. (దీనికి అసలు కారణం తరవాత తెలుసుకుంటాం).

3. ఒక వస్తువునుంచి మరో వస్తువుకి విద్యుత్తును పంపించాలంటే వాటిని ఒకదానికొకటి తగిలించాలి, లేదా లోహపు తీగతోగాని, తడిదారంతోకానీ వాటిని కలపాలి.

గెరిక్ నిర్మించిన ఈ విద్యుద్యంత్రం రాబోయే 150 సంవత్సరాలపాటు విద్యుత్పరిశోధనలలో ప్రముఖపాత్ర వహించబోతోంది.

ఫ్రాన్సిస్ హాక్స్‌బీ (? – 1713)

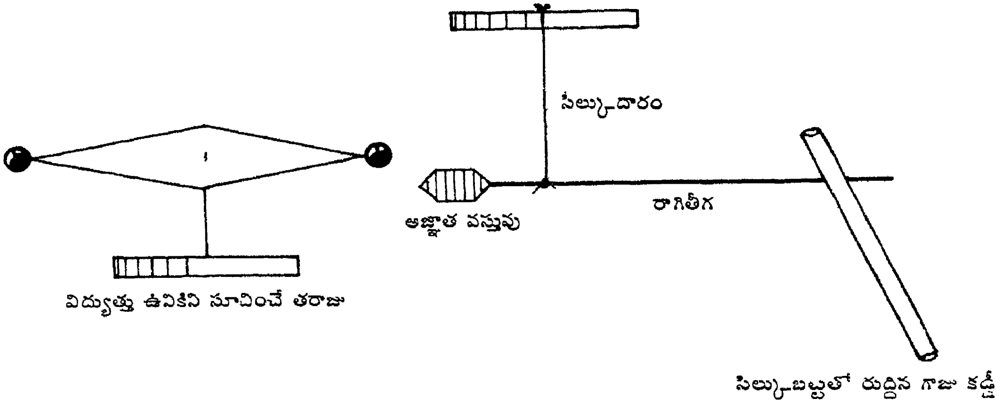


ఫ్రాన్సిస్ హాక్స్‌బీ

"తలతన్యత" (SURFACE TENSION) మీద పరిశోధనలు జరిపిన, "రెండు సిలిండరుల వాక్యూరిమ్ పంపు" నిర్మించిన హాక్స్‌బీ అనే బ్రిటిష్ విజ్ఞాని గంధకానికి బదులు గాజుతో ఇంకా పెద్ద గోళాన్ని తయారుచేసి, గెరిక్ యంత్రం పద్ధతిలోనే గిరగిరా తిప్పి, ఇంకా హెచ్చుమోతాదులో విద్యుత్తును సృష్టించగలిగేడు 1709 లో. దీనినుంచి ఇంకా పెద్ద రవ్వలు వచ్చాయి. కొద్దిగా పాదరసంపోసిన గాలి తీసేసిన గాజుబుడ్డిని విద్యుదావేశితమైన గాజుగోళానికి దగ్గరగా తెస్తే గాజుబుడ్డిలో చిత్రమైన వెలుగు కనిపించింది. ఈ ప్రయోగమే ముందుముందు "ఫ్లోరసెంటు" దీపాల తయారీకి మార్గదర్శకమైంది.

స్టిఫాన్ గ్రే (1696–1736)

ఈ బ్రిటిష్ శాస్త్రజ్ఞుడు తన చేతికందిన ప్రతీ వస్తువునూ "విద్యుదీకరణం" (Electrify) చేసి పరిశీలించాడు. ఆకులు, కాయలు, టీ కెటిల్, గొడుగు, చచ్చిన పిల్లి, పక్కింటి పిల్లాడు . . . . ఇల్లాగ అనేకానేక వస్తువులు తమగుండా విద్యుత్తును ఏవిధంగా ప్రవహింపజేస్తాయో ప్రయోగపూర్వకంగా తెలుసుకున్నాడు.



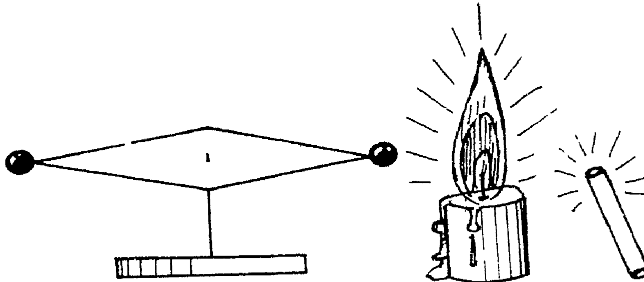
స్టిఫాన్ గ్రే ఉపయోగించిన ఎలక్ట్రోస్కోపు

సూదిమొనమీద బేలన్సు చేసిన తీగను విద్యుత్తు ఉనికిని సూచించే పనిముట్టు (తరాజు) గా ఉపయోగించేడు. విద్యుదావేశితమైన గాజుకడ్డీనుంచి రాగి తీగ ద్వారా పరీక్ష చేయదలుచుకున్న అజ్ఞాత వస్తువు మీదికి విద్యుత్తును పంపించాలి. ఈ అజ్ఞాత వస్తువులోకి చేరిన విద్యుత్తు వల్ల దగ్గరలో ఉన్న తరాజు ఆకర్షింపబడి వంగుతుంది. అజ్ఞాత వస్తువులో విద్యుత్తు లేకపోతే తరాజు ఉలకకుండా నిశ్చలంగా ఉండిపోతుంది. తరాజు వంగిన కోణాన్ని బట్టి అజ్ఞాతవస్తువులో ఎంత విద్యుత్తు చేరిందో సుమారుగా ఊహించవచ్చు.

ఈ విధంగా పరిశీలించిన వస్తువులన్నిటినీ 1. విద్యుదీకృతం అయేదీ 2. విద్యుదీకృతం కానిదీ అని రెండు తరగతులుగా విభజించాడు.

చార్ల్స్ ఫ్రాంకోయిస్ డ్యూఫే
(1698–1739)

ఈ ఫ్రెంచి పరిశోధకుడు విద్యుత్తులో ఒక కొత్త విషయాన్ని కనిపెట్టాడు. విద్యుదావేశితమైన గాజుకడ్డీని పైన చెప్పిన తరాజుకి 10 –12 అంగుళాల దూరంలో ఉంచాడు. అంతదూరంలో ఉండడం చేత గాజుకడ్డీమీది విద్యుత్తు ఉనికిని ఈ తరాజు గ్రహించలేకపోయింది కాని, ఈ రెండిటికీ మధ్యన వెలిగించిన కొవ్వొత్తిని ఉంచితే తరాజుకి విద్యుదవేశం అంది, అది వంగింది! అంటే గాజుకడ్డీమీది విద్యుత్తు – మధ్యలో ఉన్న మంట కారణంగా – ఏవిధంగానో గాలిలోంచి ప్రయాణించేసి, తరాజును చేరుకో



విద్యుత్ ప్రసరణకు మంట దోహదకారి అని డ్యూఫే ఈ ప్రయోగం ద్వారా గ్రహించాడు

గలిగింది అన్న మాట. ఇందులో మంట నిర్వహిస్తున్న పని ఏమిటో డ్యూఫేకి అర్థం కాలేదు. మరో 200 సంవత్సరాల తరవాత దీనినే ఆధారంగాచేసుకుని "రేడియో వాల్వ్" (Radio Valve) నిర్మిస్తారనీ, దానితో ఖండాంతరాలకి క్షణంలో సగంలో వార్తా ప్రసారం జరగబోతోందని ఎవరు అనుకున్నారు?

విద్యుత్తులో రెండు రకాలు

డ్యూఫే కనుక్కున్న ముఖ్యమైన విషయం మరొకటి ఉంది. ప్రకృతిలో రెండు రకాల విద్యుత్తులున్నాయి.

ఏంబర్‌ని ఉన్నితో రుద్దగా ఏంబర్ మీద ఏర్పడేది ఒకరకం విద్యుత్తు. దీనిని "ఏంబర్ విద్యుత్తు" (Resinous Electricity) అన్నాడు.

గాజుని సిల్కుతో రుద్దగా గాజుమీద ఏర్పడేది రెండవ రకం విద్యుత్తు. దీనిని "గాజు విద్యుత్తు" (Vitreous Electricity) అన్నాడు.

ఈ రెండు రకాల విద్యుత్తులు కూడా గడ్డి పరకలనీ, కాగితం ముక్కలనీ సమానంగానే ఆకర్షిస్తాయి.

మరి అయితే వీటికి భేదం ఏమిటి?

గాజు విద్యుత్తునీ, ఏంబర్ విద్యుత్తునీ దగ్గరగాతెస్తే పరస్పరం ఆకర్షించుకుంటాయి.

రెండు గాజు విద్యుత్తులను గానీ, రెండు ఏంబర్ విద్యుత్తులను గానీ దగ్గరగా తెస్తే పరస్పరం వికర్షించుకుంటాయి.

రుద్దిన బట్ట ముక్క, రుద్దబడిన వస్తువూ పరస్పరం ఆకర్షించుకుంటాయి. ఉదాహరణకి: గాజుముక్కని సిల్కుబట్టతో రుద్దేక – ఆ గాజునీ సిల్కు బట్టనీ దగ్గరగా తెస్తే ఆకర్షించుకుంటాయి. అల్లాగే ఏంబర్‌ని ఉన్ని బట్టతో రుద్దేక – ఆ ఏంబర్ ముక్కనీ ఉన్నిబట్టనీ దగ్గరగా తెస్తే ఆకర్షించుకుంటాయి.

వీటినన్నిటినీ క్రోడీకరిస్తూ ఒక సూత్రం తయారు చేశాడు డ్యూఫే.

"సజాతి విద్యుత్తులు వికర్షించుకుంటాయి; విజాతి విద్యుత్తులు ఆకర్షించుకుంటాయి".

ఈ విషయంలో విద్యుత్తుకీ అయస్కాంతానికీ పోలిక కనిపిస్తోంది. సజాతి ధ్రువాలు వికర్షించుకుంటాయనీ, విజాతి ధ్రువాలు ఆకర్షించుకుంటాయనీ 13వ శతాబ్దంలో పీటర్ పెరిగ్రిన్ కనిపెట్టినట్లు చెప్పుకున్నాం కదా?

ఇందులో మరో చమత్కారం కనిపించింది డ్యూఫేకి. గణితంలో ధన, రుణ సంఖ్యలలాగే సరిసమానమైన విజాతి విద్యుత్తులు కలుసుకుంటే ఆ రెండూ ఒకదానికొకటి చెల్లు అయి, ఫలితం సున్న లేక తటస్థం (Neutral) అయిపోతుంది.

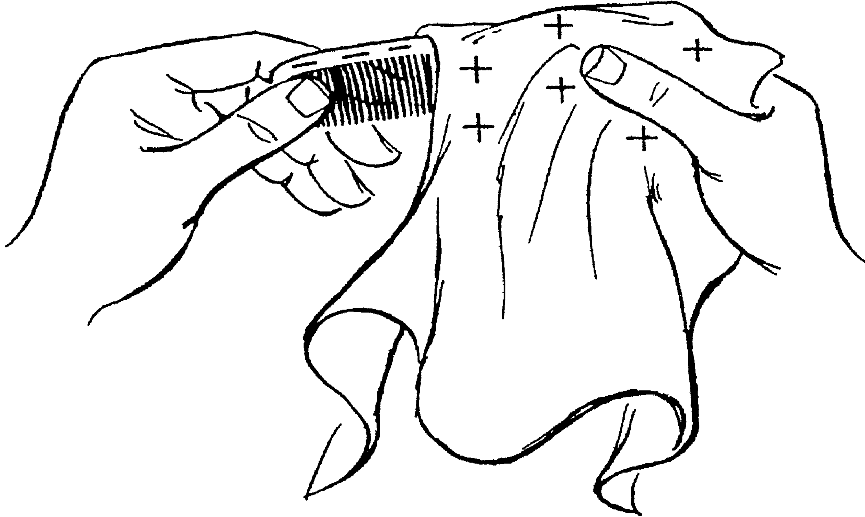
ఇందులో గాజువిద్యుత్తుకి ధన (+) విద్యుత్తు అనీ, ఏంబర్ విద్యుత్తుకి రుణ (-) విద్యుత్తు అనీ సంజ్ఞలు చేర్చాడు డ్యూఫే.

గాజువిద్యుత్తుకే ధన సంజ్ఞ ఎందుకు పెట్టేడు? దీనికి రుణ సంజ్ఞ ఎందుకు పెట్టలేదు? దీనికి కారణం ఏమీ లేదు. ఆ రెండిటిలో ఏదో ఒక దానిని ధనం అనీ, రెండో దాన్ని రుణం అనీ అనుకోవచ్చు.

గాజుని సిల్కుబట్టతో రుద్దినప్పుడు గాజు మీద ధనవిద్యుత్తు ఏర్పడుతుంది; సరిగ్గా అంతే మోతాదులో సిల్కుబట్టమీద రుణ విద్యుత్తు ఏర్పడుతుంది. ఈ రెండు వస్తువులనూ కలిపితే సరి సమానంగా ఉన్న ధన, రుణ విద్యుత్తులు కలుసుకుని తటస్థం అయిపోతాయి.

అల్లాగే ఏంబర్‌ని ఉన్నిబట్టతో రుద్దితే ఏంబర్ మీద ఋణవిద్యుత్తూ, సరిగ్గా దానికి సమానమైన ధనవిద్యుత్తు ఉన్నిబట్టమీదా ఏర్పడుతాయి.

వీటికన్నిటికీ డ్యూఫే కారణం వివరించాడు.



దువ్వెన్నను ఉన్నిబట్టతో రుద్దితే దువ్వెన్న మీద ఋణ విద్యుత్తు, ఉన్ని బట్టమీద ధన విద్యుత్తు సరి సమానమైన మోతాదులలో ఏర్పడతాయి

అన్ని వస్తువులలోనూ ధన, ఋణ విద్యుత్తులు సరిసమానంగా ఉంటాయి; కనుక అవి తటస్థంగా – అంటే ఏ విద్యుత్తూ లేనట్లుగా కనిపిస్తాయి. ఒక వస్తువును మరో వస్తువుతో రాపాడించినప్పుడు ధనవిద్యుత్తు ఒక వస్తువుమీదా, ఋణ విద్యుత్తు మరో వస్తువు మీదా చేరుకుంటాయి.

ఈ వివరణ ఆనాటికి తెలిసిన సమాచారాన్ని అంతటినీ సమర్థించగలగడంచేత దీనిని తాత్కాలికంగా అంగీకరించారు శాస్త్రజ్ఞులంతా.

పీటర్ ఫాన్ మ్యూషెన్ బ్రూక్

(1692–1761)

ఇప్పటివరకూ వస్తువులను రాపాడడం ద్వారా విద్యుత్తును సృష్టించగలుగుతున్నారే కాని, ఆ విద్యుత్తును నిలవ చెయ్యడం ఎల్లాగో ఎవ్వరికీ తెలియదు. ఆ రహస్యం 1746 లో ప్రమాదవశాత్తూ బయటపడింది.

లైడెన్ యూనివర్సిటీలో ప్రొఫెసర్ మ్యూషెన్ బ్రూక్, ఆయన అసిస్టెంటు క్యూనియస్ లేబరేటరీలో విద్యుత్తు మీద పరిశోధన చేస్తున్నారు. టేబిలు మీద గాజు జాడీ ఒకటి ఉంది. గెరిక్ విద్యుద్యంత్రం ఒక పక్కన ఉంది. ఈ యంత్రంలో తయారైన విద్యుత్తును ఆ గాజుజాడీలో పొయ్యాలని వారి ప్రయత్నం; విద్యుత్తు అనేది ద్రవపదార్థం అన్నట్లు! అందుకోసం వారు చేసినదేమిటంటే – పొడుగుపాటి రాగి తీగ తాలూకు ఒక కొనను విద్యుద్యంత్రపు గంధక గోళానికి తగిలించి, రెండవ కొనను గాజు జాడీలో పెట్టేరు. గోళం మీద ఏర్పడ్డ విద్యుత్తు అంతా తీగ ద్వారా జాడీలోకి చేరుకుంటుందని వారి ఆశ. కాని, ఎన్నిసార్లు ప్రయత్నించినా యంత్రాన్ని ఆపేశాక జాడీలో విద్యుత్తు ఏమీ నిలవడంలేదు.

నిలవలేదని వారికెల్లా తెలిసింది?

స్టీఫెన్ గ్రే తరాజును ఉపయోగించి చూశారు. ఆ తరాజు నిమ్మకి నీరెత్తినట్టు ఉలకకుండా పలకకుండా ఉంది.

ఇహ ఇది పని కాదని, ఆ గాజుసీసాలో సగం వరకూ నీళ్లు పోసి, ఆ నీళ్లలో రాగితీగ కొసని పడేశారు. ఆతీగద్వారా జాడీలోని నీళ్లల్లోకి విద్యుత్తు చేరుకుని నిలవ ఉంటుందని వారి ఆశ; విద్యుత్తు అనేది నీళ్లల్లో కరిగిపోయే వాయువువంటిదేమో అన్నట్లు!

కాని అదికూడా పనిచేసినట్లు లేదు. ఆ ప్రయోగం మొత్తం విఫలమైనట్లే. ఇంక చెయ్యడానికి ఏమీ మిగలలేదు, సామానంతా సర్దుకుని ఆపూటకి దుకాణం మూసెయ్యడం తప్ప. ఆపని అసిస్టెంటు క్యూనియస్‌ది. బల్ల మీద ఉన్న గాజు జాడీని ఒకచేతితో ఎత్తిపట్టుకున్నాడు. జాడీలోని నీళ్లలో ఉన్న తీగని బయటికి తీసేద్దామని రెండోచేతితో ముట్టుకున్నాడు.

అంతే. కెవ్వుమని గావుకేక పెట్టేడు. అతని చేతిలో ఉన్న జాడీ జారి నేలమీద పడి వంద ముక్కలైపోయింది.

"ఏమైంది? ఏమైంది?" అని ప్రొఫెసరు కంగారుగా ముందుకి ఉరికేడు.

ఏమి జరిగిందో చెప్పగల స్థితిలో లేడు క్యూనియస్. ఆయాసపడుతూ, బల్ల అంచు పట్టుకుని బలవంతాన పడిపోకుండా నిలవదొక్కుకుంటున్నాడు.

ఎంత ఆశ్చర్యం! బహుకష్టంమీద గడ్డిపరకలనీ, పక్షి ఈకలనీ లేవనెత్తడం తప్ప మరి ఏమీ చెయ్యలేని అర్భకమైన విద్యుత్తు, మనిషికి తెలిసిన ప్రకృతి శక్తులన్నిటిలోకీ అల్పాల్పమైనదనుకున్న విద్యుత్తు ఏనుగులాంటి మనిషిని ఎంత దెబ్బకొట్టిందీ!

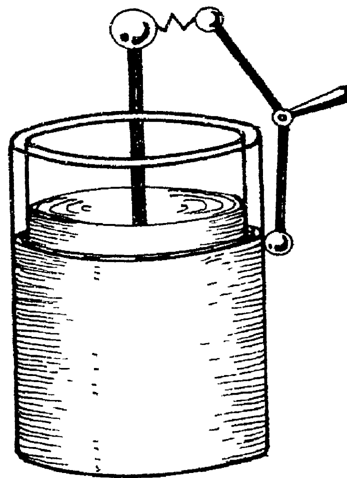
దెబ్బ తగిలితే తగిలింది కానీ ప్రయోగం విజయవంతమైంది. కాని ఈ సంగతి ముందర వారిద్దరికీ తెలియనే లేదు. క్యూనియస్‌ని కొట్టిన షాకు ఆజాడీలో విద్యుత్తు జమ అయిందన్న విషయాన్ని అసందిగ్ధంగా రుజువు చేసింది.

విద్యుత్తును నిలవచెయ్యాలంటే జాడీలో నీళ్లుపోసి ఉంచడం అవసరం అనుకున్నాడు ప్రొఫెసర్.

మళ్లీ మరో జాడీ తీసుకువచ్చి, అందులో కొంతవరకూ నీళ్లుపోసి, అప్పటికప్పుడు అందులోకి విద్యుతును పంపించాడు. తరవాత ఒక చేతితో ఆ జాడీని ముట్టుకున్నాడు ఏమీ అవలేదు! జాడీలోని నీళ్లల్లో వేలు ముంచి చూశాడు. ఏమీ అవలేదు! తరవాత ఒక చేతివేలును జాడీని పట్టుకుని, రెండో చేతివేలును జాడీ నీళ్లల్లో ముంచేడు. అంతే, దిమ్మతిరిగిపోయేంత షాకు వేళ్లల్లోంచి జబ్బలోంచి గుండెకి తగిలింది! శ్వాస ఆగిపోయినంత పనిఅయింది. రెండు రోజులదాకా ఆదెబ్బనుంచి ఆయన తేరుకోలేకపోయాడు. ఫ్రాన్సు అంతా పట్టంకట్టినా మరోసారి అటువంటి షాకు తినే ధైర్యం తనకు లేదని స్నేహితుడు ర్యూమర్ అనే విజ్ఞానికి ఉత్తరం వ్రాశాడు.

ఆజాడీ వెలుపల మాత్రమే ముట్టుకున్నా, లేక లోపల మాత్రమే ముట్టుకున్నా ఏమీ అవదనీ, జాడీ వెలుపలా, లోపలా ఏకసమయంలో ముట్టుకుంటేనే షాకు తగులుతుందనీ అర్థమైంది.

మ్యూషెన్ బ్రూక్ చేసిన ఈ ప్రయోగం సంగతి అతి వేగంగా యూరపు అంతా పాకిపోయింది. లైడెన్ అనే ఊళ్లో మొట్టమొదటిసారి నిర్మించిన కారణంగా విద్యుత్తుని నిలువచేసే జాడీని "లైడెన్ జార్" (Leyden Jar) అన్నారు.

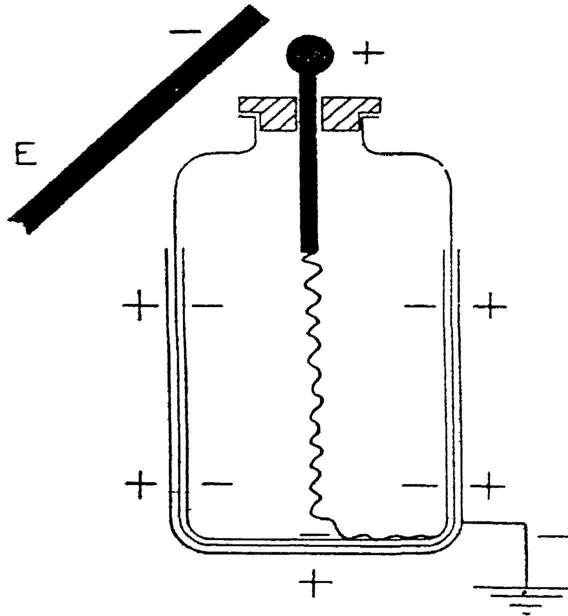


లైడెన్ జార్ తొలి రూపం

అత్యాశ్చర్యకరమైన ఈ ప్రయోగంతో "ఎలక్ట్రిసిటీ" అనేమాట సామాన్య ప్రజల నోళ్లల్లో కూడా నలిగింది. దాని షాక్ ఎల్లా ఉంటుందో చూడాలని చాలా మంది తహతహలాడేరు. విద్యుత్తు నింపిన లైడెన్ జార్‌ని తీసుకువెళ్లి, దాని షాకు ఎలా ఉంటుందో ప్రజలకి రుచి చూపించి, డబ్బు సంపాదించడం కొందరికి వృత్తిగా కూడా తయారైంది.

ఫ్లాస్కులో పోసిన వేడి కాఫీ చాలాసేపు వేడిగా ఉన్నట్లు, లైడెన్ జార్‌లో "పోసిన" ఎలక్ట్రిసిటీ చాలాసేపు నిలవ ఉంటుందని "మోనియర్" అనే ఫ్రెంచి పరిశోధకుడు తెలుసుకున్నాడు. ఆయన చాలాసార్లు విద్యుత్తు నింపిన లైడెన్ జార్‌ని చేతితో పట్టుకుని, లేబరేటరీ నుంచి తన ఇంటికి తీసుకువెళ్లేడు; అయినా దాని బలం తగ్గలేదు.

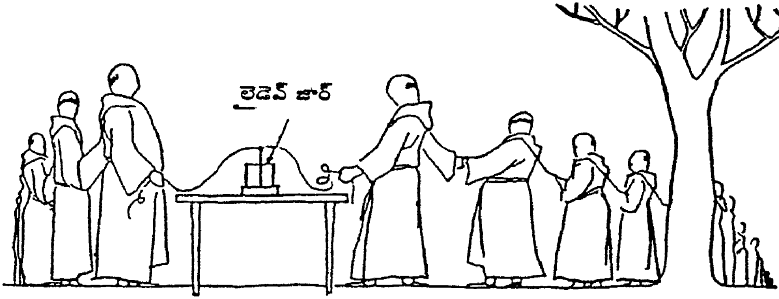
లైడెన్ జార్ అనేది సుమారు సగం వరకూ నీళ్లతో నింపిన సాధారణమైన గాజుసీసా తప్ప మరేమీ కాదు. విద్యుద్యంత్రం తయారు చేసిన ఎలక్ట్రిసిటీ ఆ నీళ్లల్లో ఏదో విధంగా జమ అయిందని మొదట్లో అనుకునేవారు. కాని, విద్యుత్తు నిలువ ఉన్నది జాడీ తాలూకు గాజులోనే కానీ నీళ్లల్లో కాదనీ, "స్పర్శ" (Contact) బాగా తగలడానికి మాత్రమే నీళ్లు ఉపకరిస్తాయనీ తరవాత తెలిసింది. ఇక అప్పటి నుంచీ లైడెన్ జార్‌లో నీళ్లు పొయ్యడం మానేసి, జాడీలోపలా వెలుపలా తగరపు రేకులు అతికించడం మొదలు పెట్టేరు.



లైడెన్ జార్ తదుపరి రూపం

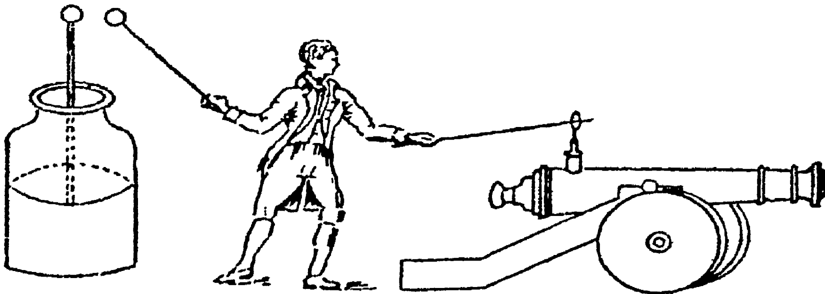
ఎబ్బే నోలే (1700–1770)

ఒక్కసారి విద్యుత్తుతో నింపిన లైడెన్ జార్‌తో ఎంతమందికి షాకు తినిపించ వచ్చునో తెలుసుకోడానికి ఎబ్బేనోలే అనే ఫ్రెంచి శాస్త్రజ్ఞుడు ప్రయత్నించాడు. రాజుగారి



700 మందికి ఏక సమయంలో షాకు తినిపించిన ప్రయోగం

సమక్షంలో ఒకరి చేతులు ఒకరు గొలుసులాగ పట్టుకున్న 180మంది సిపాయిలలో మొదటివాడిని లైడెన్ జార్ వెలుపల, ఆఖరివాడిని జార్ లోపల ఏక సమయంలో ముట్టుకోమన్నాడు. ముట్టుకునీ ముట్టుకోగానే అందరూ ఒక్కసారిగా షాకుతిని ఎగిరిపడ్డారు. ఆ తరవాత 700మంది సన్యాసులు ఒకరిచేతులు ఒకరుపట్టుకుని నాలుగువేల అడుగుల



లైడెన్ జార్ నుంచి తీసిన విద్యుత్తుతో ఫిరంగిని పేల్చడం
స్కేలుకి సరిగా గీయని 18వ శతాబ్దపు బొమ్మ

పొడుగున్న గొలుసు తయారుచేసి, లైడెన్ జారుతో అందరికీ ఏక సమయంలో షాకు తినిపించాడు.

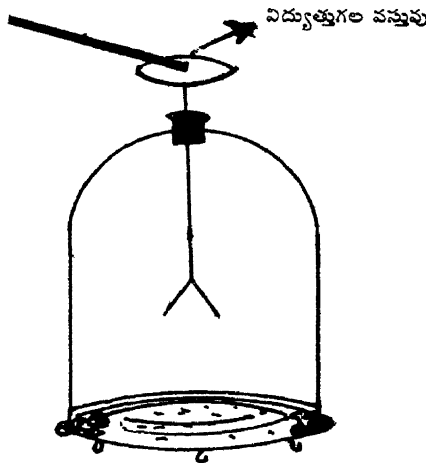
సిల్కు తాళ్లతో మనుషుల్ని సరంబీ (Ceiling) కి వేలాడదీసి, వారి ఒకచేతిని లైడెన్ జార్ లోపలి భాగానికి తగిలించి, రెండవ చేతివేళ్ల నుంచి స్పార్కులు వచ్చేటట్లు చేశాడు. ఆ స్పార్కులతో ఫిరంగిని పేల్పించాడు.

ఇవి అన్నీ సామాన్య ప్రజలను ఆకర్షించే గారడీలుగానే మిగిలిపోయాయి.

లైడెన్‌జారులో విద్యుత్తు ఎల్లా నిలువ ఉంటుంది?

గాజు జాడీ వెలుపలి భాగం నేలకి తగులుతోంది; లోపలిభాగం నీళ్లకి తగులుతోంది. నేల, నీళ్లు మంచి విద్యుద్వాహకాలు (Conductors). అంటే ఇవి తమలో నుంచి విద్యుత్తును చక్కగా ప్రవహించనిస్తాయి. ఈ రెంటికీ మధ్యని గాజు ఉంది. గాజు చక్కని "అవాహకం" (Insulator) – అంటే విద్యుత్తును తనగుండా ప్రవహించనివ్వనిది. రెండు వాహకాల మధ్యని అవాహకం ఉంటే దానికి విద్యుత్తును నిలువ చేయగల సామర్థ్యం (Capacity) వస్తుంది. దీనినే "కెపాసిటర్" (Capacitor) లేక "కండెన్సర్" (Condenser) అంటారు. లైడెన్ జార్ ఒక కండెన్సర్ అన్నమాట. నొక్కిపెట్టిన స్ప్రింగులో శక్తి నిక్షిప్తమై ఉన్నట్లే, కండెన్సరులో విద్యుత్తు నిలువ చేయబడి ఉంటుంది అనుకోవచ్చు.

ఎలక్ట్రోస్కోపు (Electroscope)



బంగారు రేకుల ఎలక్ట్రోస్కోపు

ఒక వస్తువులో విద్యుత్తు ఉన్నదీ లేనిదీ తెలుసుకోవడం ఎలాగ?

గడ్డిపరకలనో, కాగితం ముక్కలనో తెచ్చి దగ్గరలో ఉంచి, వాటిని ఆకర్షిస్తుందో లేదో చూడడం ఒక పద్ధతి. కాని, ఇది అంత మంచి పద్ధతి కాదు. ఏమంటే విద్యుత్తు అధికంగా ఉంటేతప్ప గడ్డిపరకలను ఆకర్షించగల స్తోమత ఉండదు. కనుక స్వల్పమైన విద్యుత్తు ఉనికిని తెలుసుకోడానికి ఈ పద్ధతి పనికి రాదు. ఇంతకన్న సున్నితమైన పరికరం అవసరం.

ముచ్చి బంగారపు రేకులంత బహుపలుచని బంగారు రేకులు రెంటిని ఒక తీగ కొసకి వేలాడదీస్తారు. విద్యుత్తు కలిగిన వస్తువును ఆ తీగకి తగిలిస్తే తీగ గుండా విద్యుత్తు బంగారు రేకులను చేరుకుంటుంది. రెండు రేకులలోనూ ఒకే జాతి విద్యుత్తు చేరుతుంది కనుక, సజాతి విద్యుత్తులు వికర్షించుకుంటాయి కనుక, ఆ రేకులు రెండూ ఒక దానికొకటి దూరంగా పోవడానికి ప్రయత్నిస్తాయి. ఆ రేకుల పైకొసలు కలిపి తీగకు అతికించి ఉండడంచేత కింది కొసలు మాత్రమే దూరంగా పోగలుగుతాయి. ఆరేకులు దూరంగా విడిపోతే తీగకి తగిలించిన వస్తువులో విద్యుత్తు ఉంది అని తెలుస్తుంది. ఆ రేకులు విడిపోయిన కోణాన్నిబట్టి అజ్ఞాత వస్తువులో విద్యుత్తు హెచ్చుగా ఉంది అనిగానీ, తక్కువగా ఉందని గానీ సుమారుగా తెలుసుకోవచ్చు.

గాలి కదలికలవల్ల బంగారురేకులు కదిలిపోకుండా ఉంచడం కోసం వాటిని గాజుసీసాలో వేలాడదీస్తారు; వాటికి కలిపిన తీగ మాత్రం బిరడాలోనుంచి బయటికి వచ్చి ఉంటుంది.

దీనిని "బంగారు రేకుల ఎలక్ట్రోస్కోపు" (Gold Leaf Electroscope) అంటారు. ఎలక్ట్రోస్కోప్ అనే మాటకి "విద్యుత్తును కనబరచేది" అని అర్థం.

అజ్ఞాత వస్తువులో ధనవిద్యుత్తు ఉన్నా, ఋణవిద్యుత్తు ఉన్నా బంగారు రేకులు ఒకే విధంగా వికర్షించుకుంటాయి. మరి ఆ వస్తువులో ఏ జాతి విద్యుత్తు ఉందో తెలుసుకోవడం ఎల్లాగ?

సిల్కుబట్టతో రుద్దిన గాజుకడ్డీ మీద ఏర్పడేది ధనవిద్యుత్తు అని నిర్ణయించారు కదా? అటువంటి రుద్దిన గాజుకడ్డీని ఎలక్ట్రోస్కోపుకి (అంటే బయటికి వచ్చిన తీగకొసకి) తగిలించు. రేకులమీదికి ధనవిద్యుత్తు చేరుకుంటుంది; అవి దూరంగా విడిపోతాయి. ఇప్పుడు గాజుకడ్డీని తీసేసినప్పటికీ కొంతసేపటిదాకా ఆ రేకుల మీద ఇంకా స్వల్పంగా ఆ ధనవిద్యుత్తు ఉంటుంది; కనుక రేకులు ఇంకా దూరంగా విడిపోయే ఉంటాయి. ఇప్పుడు అజ్ఞాత వస్తువును అదే ఎలక్ట్రోస్కోపుకి తగిలించు. ఈ కొత్తవస్తువుమీద ఉన్నది కూడా ధనవిద్యుత్తే అయితే బంగారురేకులు మరింత దూరంగా విడిపోతాయి. ఆ అజ్ఞాత వస్తువు మీద ఉన్నది ఋణవిద్యుత్తు అయితే ఆ రేకులమీద అంతకుముందున్న

ధనవిద్యుత్తు తటస్థమై రేకులు దగ్గరగా చేరుకోడానికి ప్రయత్నిస్తాయి.

ఈవిధంగా ఎలక్ట్రోస్కోపు సాయంతో అజ్ఞాత విద్యుత్ సంజ్ఞని తెలుసుకోవడం సాధ్యమైంది.

ఏంబర్‌కి గల తృణగ్రహణ శక్తిని థేల్స్ తెలుసుకున్నప్పటి స్థితిని దాటి చాలా దూరం వచ్చేశాం. విద్యుత్తు అనేది కేవలం వినోద వస్తువుగా కాక, వైజ్ఞానికుల మేధస్సుకి ఛాలెంజిగా తయారైంది.

....

2 ప్రాణం తీసే గాలిపడగలు

దురుబద్దలతో "క్రాస్"లాగ చేసి, దానిమీద సిల్కుగుడ్డ పరచి, మూలలు బిగించికట్టేడు తడు. దానికి నాలుగు గజాల పొడుగున్న సిల్కు రిబ్బను తోకలాగ కట్టేడు. గజం డుగున్న ఇనుప తీగముక్క క్రాస్ బయటికి పొడుచుకు వచ్చేలాగ కట్టేడు.

"ఇదేమిటి? అంకుల్!" పక్కింటి పిల్లవాడు 'కిన్నెర్స్ లే' అడిగేడు.

"గాలిపడగ" అన్నాడు ఆయన కళ్లు మిలమిలలాడిస్తూ.

"మీరు గాలిపడగలతో ఆడుకుంటారా?" అన్నాడు కిన్నెర్స్ నవ్వు ఆపుకుంటూ.

"ఏమీ? నేను ఆడుకోకూడదా?"

"పెద్దవాళ్లెక్కడేనా గాలిపడగలతో ఆడుకుంటారా"

"అందరి మాటా ఏమోకాని, నాకు గాలిపడగలు ఎగరెయ్యడం చాలా ఇష్టం".

"అయినా ఇదేం గాలిపడగ?"

"బాగులేదా?"

"బాగుంది కానీ ఈ తీగకూడా ఎందుకూ?"

"మబ్బుల్లోంచి ఎలక్ట్రిసిటీ పిండడానికి"

"ఏం పిండడానికి?"

"ఎలక్ట్రిసిటీ. ఈమాట ఎప్పుడూ వినలేదా?"

అంకుల్ తనని ఆటపట్టిస్తున్నాడని ఆ పిల్లాడికి అనుమానం కలిగింది.

"ఆ ఎలక్ట్రిసిటీ ఎల్లాగుంటుంది?"

"అది కళ్లకి కనిపించదు"

"పోనీ చేతికి తగులుతుందా?"

"ఉహూ"

"అది మబ్బుల్లో ఉంటుందని ఎల్లా తెలిసింది?"

"ఉంటుందేమో చూద్దామని"

"చూడడం ఎల్లాగ? కనిపించదని ఇప్పుడేకదా అన్నారు?"

అంకుల్ మాటల్లో తప్పు పట్టగలిగేనన్న గర్వరేఖ ఆ పిల్లవాడి కళ్లల్లో తళుక్కుమంది.

"నువ్వు అసాధ్యుడివోయ్. చూడడం అంటే తెలుసుకోవడం అని నా ఉద్దేశం."

"కంటికి కనిపించని, చేతికి తగలని సిటీ కాని సిటీని ఎల్లా తెలుసుకుంటారు మరి?"

"ఇదిగో ఈ గాలిపడగ చెబుతుందేమోనని ఆశ"

"నాకేమీ అర్థం కావడం లేదు అంకుల్!" అన్నాడు నిస్పృహగా.

అంకుల్ చిరునవ్వుతో ఆ పిల్లవాడి వెన్నుతట్టేడు.

"మరీ అంత తొందరపడిపోతే ఎల్లా?"

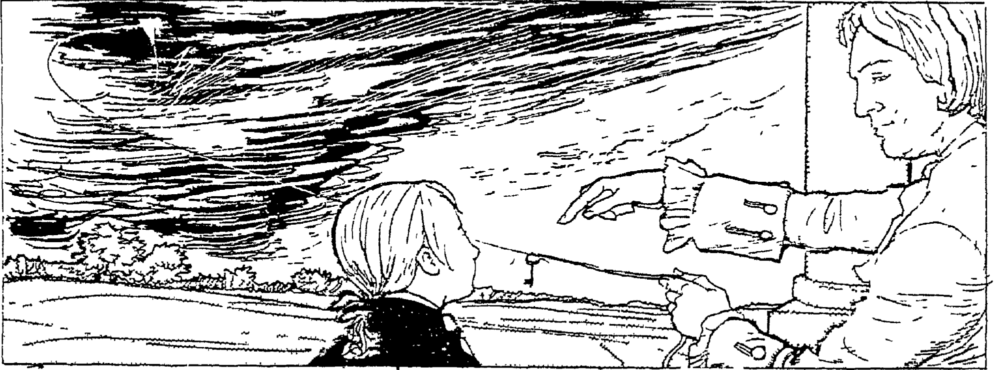
"ఈ గాలిపడగ ఎల్లా తెలుసుకుంటుంది? తెలుసుకుని మీకు ఎల్లా చెబుతుంది.?"

"ఇదిగో ఈ దారంగుండా వార్త పంపిస్తుంది"

"దారంలోంచి వార్తలు పంపించడమేమిటి అంకుల్ !"

"చూద్దువుగానిగా"

ఆ అంకుల్ పేరు బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్. వాళ్లు ఉంటున్నది అమెరికాలో, ఫిలడెల్ఫియా పట్టణంలో. అది 1752వ సంవత్సరం.



గాలిపడగ ప్రయోగం చేస్తున్న బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్

మబ్బులలో మెరుపులు పుడతాయి. అవి అచ్చంగా విద్యుద్యంత్రం పనిచేస్తూఉంటె పుట్టే రవ్వలలాగే ఉంటాయి. కాని అయితే మబ్బులలో పుట్టే రవ్వలు చాలా పెద్దసైజువి.

ఎలక్ట్రిక్ స్పార్కులు వస్తూ ఉంటే పటపటమని చప్పుడవుతుంది. మబ్బులలో మెరుపులు వచ్చినప్పుడు ఉరుములు వినిపిస్తాయి.

ఎలక్ట్రిక్ యంత్రంనుంచి వచ్చే రవ్వలు తగిలితే "ఈథరు" మండుతుంది.

మబ్బులనుంచి వచ్చిన పిడుగులవల్ల చెట్లు తగులబడతాయి.

ఈరెండు సంఘటనలకీ ఇన్ని పోలికలుండడం చూస్తే, మబ్బులలో ఎలక్ట్రిసిటీ తయారవుతూ ఉంటుందని తోస్తోంది. దానివల్లనే ఉరుములూ, మెరుపులూ, పిడుగులూ ఏర్పడుతున్నాయనిపిస్తోంది.

రెండు వస్తువులను కలిపి రుద్దితే కాని విద్యుత్తు తయారవదు కదా, మరి మబ్బుల్లో ఇటువంటి రుద్దుడు ఎక్కడ జరుగుతోందో? మేఘాలు ఒకదాన్నొకటి ఒరుసుకోవడంవల్ల విద్యుత్తు తయారవుతోందేమో!

చాలారోజులుగా ఇటువంటి సందేహాలు బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్‌ని ఉక్కిరి బిక్కిరి చేసేస్తున్నాయి.

యూరపులో చాలామంది ఎలక్ట్రిసిటీతో రకరకాల ప్రయోగాలు చేస్తున్నారు. ఎన్నెన్నో కొత్త విషయాలు తెలుసుకుంటున్నారు. ఆ వార్తలు మహాసముద్రం దాటి అమెరికా తీరం చేరుకోడానికి చాలాకాలం పడుతోంది. ఆలస్యంగా అయినా ఆ పరిశోధన ఫలితాలను గురించి ఫ్రాంక్లిన్ తెలుసుకుంటూనే ఉన్నాడు. వాటిమీద తర్జనభర్జనలు చేయడానికి ఈ దేశంలో ఎవ్వరికీ ఎలక్ట్రిసిటీ మీద ఆసక్తేలేదు. తుపాకులు భుజాన వేసుకుని బైసన్నునీ, రెడ్ ఇండియన్నునీ పిచ్చిగా వేటాడడంలో తప్ప ఇక్కడి వారికి ఏ శాస్త్రంలోనూ ఆసక్తి లేదు. ఫ్రాంక్లిన్ చేస్తున్న పరిశోధనల సారాంశం మహాసముద్రం దాటి మళ్లీ యూరపు చేరితేగాని, వీటి విలువ తెలిసిన వాడు లేడు.

మెరుపు మేఘంలో విద్యుత్తు ఉందోలేదో తెలుసుకోడానికి ఫ్రాంక్లిన్ చాలా సులభమైన ప్రయోగం ఒకటి ఊహించాడు.

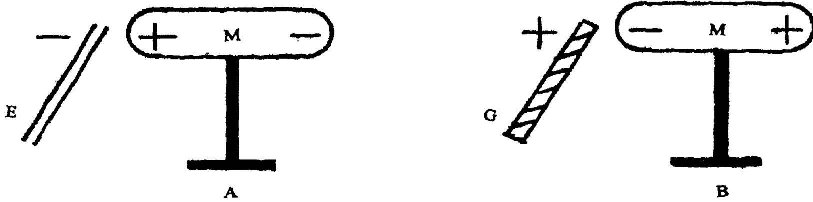
కొండవాలులో పట్టిన తేనెపట్టుకు గడకర్రతో పొడిచి, ఆ కర్ర వెంబడి కారే తేనెను కుండలో పట్టుకుంటారు కోయవాళ్లు. సరిగ్గా అదే పద్ధతిలో ఇనుపకడ్డీతో మేఘాన్ని పొడిచి విద్యుత్తును కిందికి తీసుకురావడం సాధ్యమేనా అని ఆలోచించాడు. మేఘం అంత ఎత్తున్న ఇనుపచువ్వ ఎక్కడ దొరుకుతుంది? ఒకవేళ దొరికినా దానిని ఎత్తి పట్టుకోవడం ఎల్లాగ?

అదృష్టవశాత్తూ ఇనుపచువ్వ మేఘానికి తగలవలసిన అవసరం లేదు. సాధ్యమైనంత ఎత్తులో – అంటే మేఘానికి సాధ్యమైనంత దగ్గరలో చువ్వని ఉంచితే చాలు. అందులో విద్యుత్తు ప్రేరేపింపబడుతుందని అతడు గ్రహించాడు. ఇది ఎల్లా సాధ్యమో చూద్దాం.

విద్యుత్ ప్రేరణం (Electrical Induction)

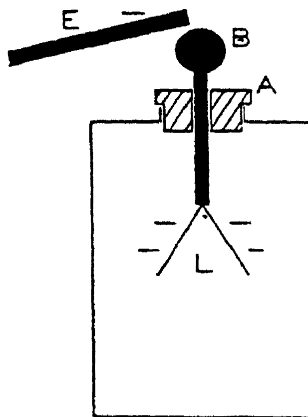
ఋణవిద్యుదావేశం కలిగిన ఎబొనైటును (E) ఇన్సులేట్ చేయబడిన లోహపుచువ్వ (M)

దగ్గరకు తీసుకువస్తే ఏమవుతుందో చూద్దాం. ఎబొనైటుకి దగ్గరలో ఉన్న ఇనుపచువ్వ (M) కొసమీది రుణ విద్యుత్ కణాలు (ఎలక్ట్రానులు) వికర్షణవల్ల దూరంగా జరిగి రెండవ కొసకి చేరుకుంటాయి. కనుక ఎబొనైటుకి దగ్గరలో ఉన్న లోహపు కొస (రుణకణాలు తగ్గిపోవడంచేత) ధనవిద్యుత్తునూ, దూరపుకొస (రుణకణాలు గుమిగూడడంచేత) రుణవిద్యుత్తునూ ప్రదర్శిస్తాయి.



E = ఎబొనైట్ G = గాజు M = లోహం

అల్లాగే ధనవిద్యుదావేశం కలిగిన గాజును (G) ఇన్సులేట్ చేయబడిన లోహపు చువ్వ (M) దగ్గరకు తెస్తే, దగ్గరగా ఉన్న చువ్వ కొస రుణవిద్యుత్తునూ, దూరపుకొస ధనవిద్యుత్తునూ ప్రదర్శిస్తాయి.



ప్రేరణం వల్ల ఎలక్ట్రోస్కోపు తాలుకుబంగారు రేకుల మీద సజాతి విద్యుత్తు ఏర్పడుతుంది

విద్యుదావేశం కలిగిన వస్తువుకి సమీపంలో ఉన్న మరో వస్తువులో – రెండూ కలుసుకోకపోయినా సరే – వ్యతిరేక జాతి విద్యుత్తు ప్రేరేపింపబడడాన్ని 'విద్యుత్ ప్రేరణం' అంటారు.

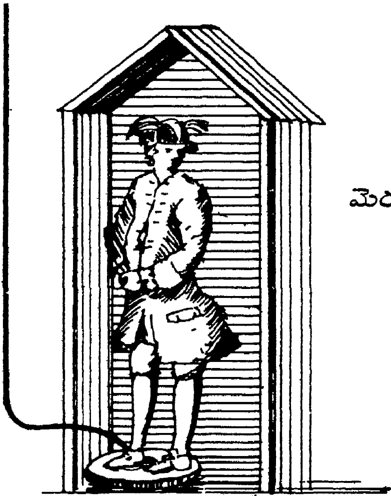
బంగారు రేకుల ఎలక్ట్రోస్కోపు కూడా ఈ సూత్రం మీదనే పనిచేస్తుంది.

ఋణ విద్యుత్తు కలిగిన ఎబొనైటును ఎలక్ట్రోస్కోపు తాలూకు గుండుకి దగ్గరగా తెస్తే గుండు మీద ధనవిద్యుత్తు, ఆ తీగకి రెండవ కొసనున్న బంగారు రేకుల మీద ఋణవిద్యుత్తూ ప్రేరితం అవుతాయి. రెండు రేకులమీదా ఒకే జాతి విద్యుత్తు చేరడంచేత అవి వికర్షించుకుని విడిపోతాయి.

ఇదే విధంగా విద్యున్మేఘానికి సమీపంలోఉన్న లోహపు చువ్వలో తద్వ్యతిరేక సంజ్ఞ కలిగిన విద్యుత్తు ప్రేరేపింపబడుతుంది.

లోహపు చువ్వ కొస మొనదేరి ఉంటే ఆ చువ్వలోకి మేఘవిద్యుత్తు మరింత అధికంగా ప్రేరితం అవుతుందని ఫ్రాంక్లిన్ ప్రయోగపూర్వకంగా తెలుసుకున్నాడు.

మెరుపు మేఘంలో (Thunder Cloud) ఉన్నది నిజంగా విద్యుత్తేనని రుజువు చెయ్యడం కోసం ఫ్రాంక్లిన్ ఒక ప్రయోగాన్ని ప్రతిపాదించేడు.



మెరుపు మేఘం నుంచి విద్యుత్తును లాగడానికి
1950 జూలైలో బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్
ప్రతపాదించిన ప్రయోగం

"ఎత్తైన స్తంభం మీద గానీ, చర్చి శిఖరం మీద గానీ మనిషి నిలుచోదగ్గంత కర్రపెట్టె (Sentry Box) తయారుచేసి స్థిరంగా అమర్చాలి. అందులో గాజుదిమ్మల మీద ఒక బల్ల

చెక్కవేసి, స్టూలులాగ తయారు చెయ్యాలి. ఆ స్టూలు మధ్యనుంచి ఒక ఇనుప ఊచపైకి లేచి కర్రపెట్టెలోనుంచి బయటికి వచ్చి తిన్నగా 20 – 30 అడుగుల ఎత్తుపైకి వెళ్ళేటట్లు అమర్చాలి. ఆ ఊచ పైకొస మొనదేరి ఉండడం అవసరం. మెరుపు మేఘం తక్కువ ఎత్తులో ఆ ఊచ కొసకి దగ్గరలోనుంచి వెడుతూ ఉంటే మేఘంలోని విద్యుత్తు చువ్వ ద్వారా ప్రవహించి, ఆ స్టూలు మీద నిలుచున్న మనిషి విద్యుత్తుతో ఛార్జి అయి, అతడి శరీరంనుంచి స్పార్కులు వస్తాయి.

"ఒక వేళ ఈ ప్రయోగంవల్ల ఆ పెట్టెలో నిలుచున్న మనిషికి ప్రమాదం సంభవిస్తుందని భయమైతే (ప్రాణాపాయంలేదని నా అభిప్రాయం) స్టూలు పక్కని పెట్టెలో నిలువబడి, నేలలో పాతిన రాగితీగ తాలూకు రెండవ కొనను లక్కపిడితో పట్టుకుని, విద్యుత్తుతో నిండిన ఇనుపచువ్వకు దగ్గరగా తీసుకువస్తే దానినుంచి రవ్వలు ఎగిరి తీగను చేరుకుని భూమిలోకి పోతాయి; మనిషికి ఏమీ అవదు".

ఈ ప్రయోగ విశేషాలమీద వివరంగా ఒక పేపరు వ్రాసి, ఇంగ్లండులోని రాయల్ సొసైటీకి 1750లో పంపించాడు ఫ్రాంక్లిన్. ఈ పరిశోధన పత్రాన్ని చూసి రాయల్ సొసైటీ సభ్యులు గేలి చేశారు. మేఘంలో విద్యుత్తు ఉండడమేమిటి అని నవ్వుకున్నారు. తరువాత కొంతకాలానికి ఫోదర్ గిల్ అనే రాయల్ సొసైటీ సభ్యుడొకడు ఈ పేపరు చూడడం తటస్థించింది. అది చాలా ముఖ్యమైన ఆవిష్కరణ అని వాదించి, దానిని సొసైటీ జర్నల్ (Philosophical Transactions of the Royal Society)లో ప్రచురింపించాడు. త్వరలోనే ఈవార్త యూరపుఅంతటా పాకిపోయింది. అది గొప్ప సంచలనాన్ని లేవదీసింది.

ఫ్రాన్సులో మెరుపుల ప్రయోగం

ఈ ప్రయోగాన్ని ఫ్రాంక్లిన్ స్వయంగా చేసిచూడడానికి ఫిలడెల్ఫియాలో ఆరోజుల్లో ఎత్తైన గోపురం ఏదీ లేకపోయింది. అతడు సూచించిన ఈ ప్రయోగాన్ని ఫ్రాన్సులో డి ఆలిబార్డ్, బఫన్ అనే శాస్త్రజ్ఞులు చేసి చూడాలనుకున్నారు. ఎత్తైన శిఖరం మీద కాక చదును నేలమీదనే ప్రయత్నించారు.

వాళ్లు 40అడుగుల పొడుగున్న ఇనుపచువ్వను తీసుకుని, దాని అడుగు కొసను ఒక గాజుసీసాలో పెట్టేరు భూమినుంచి ఇన్సులేట్ చెయ్యడం కోసం. దానిని నిట్టనిలువుగా నిలబెట్టడం కోసం ఎండుగడకర్రలూ, సిల్కుతాళ్లూ ఉపయోగించారు. ఒక కొస భూమిలో పాతిన రాగి తీగ తాలూకు రెండవ కొసను ఆ ఊచ అడుగుకొసకి దగ్గరలో ఉంచారు. ఆ ఊచ పైనుంచి మెరుపు మేఘం వెడుతూ ఉంటే ఊచ కింది కొసకీ - భూస్థాపితమైన (Earthed) రాగి తీగ కొసకీ మధ్యని - ఫ్రాంక్లిన్ చెప్పినట్లుగానే

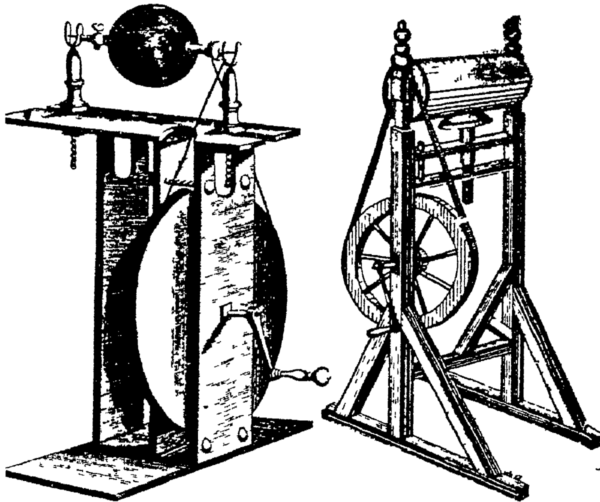
రవ్వలు ప్రవాహంలాగ వచ్చాయి. 1752 మే 10వ తేదీన జరిగిన ఈ ప్రయోగాన్ని వేలాది జనం ఒళ్లంతా కళ్లు చేసుకుని చూశారు.

విద్యుద్యంత్రంతో తయారయే రవ్వలకీ, వీటికీ భేదం ఏమీ లేదు. యంత్రజనితమైన రవ్వలతో చేయదగ్గ పనులన్నిటినీ ఈ మబ్బు రవ్వలతో కూడా చేయవచ్చునని తెలుసుకున్నారు.

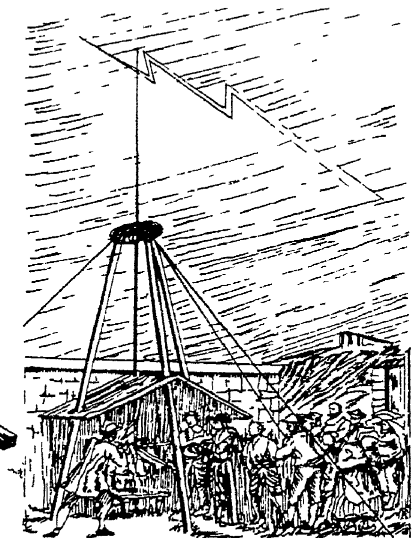
దీనితో మేఘాలలోని మెరుపులకీ, ఉరుములకీ కారణం విద్యుత్తేనని తేలిపోయింది. సాక్షాత్తూ వరుణదేవుడు తన వాహనమైన మేఘాలలో తయారు చేసే విద్యుత్తునే మానవుడు కూడా తయారు చేయగలడన్న ఊహ యూరపుని ఒక్క ఊపు ఊపేసింది.

తాను సూచించిన ప్రయోగం యూరపులో జయప్రదంగా జరిగిందన్న వార్త తెలియని ఫ్రాంక్లిన్ ఫిలడెల్ఫియాలో ఈ ప్రకరణారంభంలో చెప్పిన గాలిపడగ తయారీకి పూనుకున్నాడు.

ఫిలడెల్ఫియాలో ప్రింటరుగానూ, పబ్లిషరుగానూ పేరు తెచ్చుకున్న బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్ (1706 – 1790)కి భౌతిక విజ్ఞానశాస్త్ర పరిశోధన అభిమాన విషయం. 1746లో స్కాట్లండు నుంచి స్పెన్సర్ అనే శాస్త్రజ్ఞుడు విద్యుద్యంత్రం ఒకటి తనతోబాటు



ఫ్రాంక్లిన్ నిర్మించిన విద్యుద్యంత్రాలు

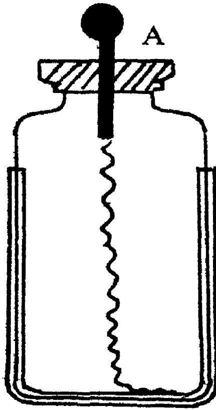


మేఘం నుంచి విద్యుత్తు

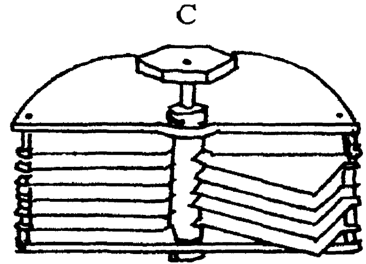
ఫిలడెల్ఫియాకి తీసుకువచ్చాడు. ఆ యంత్రాన్ని ఫ్రాంక్లిన్ కొని, దానిలో స్వల్పమైన మార్పులు చేసి, విద్యుత్తు మీద ప్రయోగాలు మొదలు పెట్టేడు. అదే సంవత్సరం జనవరిలో లైడెన్ జార్‌తో విద్యుత్తును నిలువ చేసే పద్ధతిని మ్యూషెన్ బ్రూక్ కనుక్కున్నాడు.

ఈ రెండు పరికరాలనూ ఉపయోగించి విద్యుత్తుకి సంబంధించిన కొన్ని మౌలిక రహస్యాలను ఫ్రాంక్లిన్ కనిపెట్టేడు. లైడెన్ జార్ తాలూకు గాజుగోడలలో విద్యుత్తు నిలువ చేయబడుతుందని గ్రహించినది ఇతడే.

కండెన్సర్ (Condenser)







A= లైడెన్ జార్ B= కండెన్సర్ C= వేరియబుల్ గాలి కండెన్సర్

విద్యుత్తును నిలువచేసే కండెన్సర్లు

మామూలు లోహపు చువ్వమీద విద్యుత్తు అల్పంగా జమ అవుతుంది; అంటే విద్యుత్తును నిలువచేసే సామర్థ్యం (Capacity) దీనికి చాలా తక్కువ అన్నమాట. రెండు లోహపు రేకుల మధ్య అభ్రకం (Mica), కాగితం వంటి అవాహక ద్రవ్యాన్ని ఉంచితే అందులో విద్యుత్తు చాలా ఎక్కువగా నిలవ ఉంటుంది. దీనినే "కండెన్సర్" (Condenser) లేదా "కెపాసిటర్" (Capaciter) అంటారు. మన లైడెన్ జార్‌లో జరుగుతున్నది ఇదే. రెండు తగరపు రేకుల మధ్య అవాహకమైన గాజు ఉండడం వల్ల ఇది (బొమ్మ A) విద్యుత్తుకి కండెన్సరులాగ పనిచేస్తుంది.

రెండు లోహపు రేకుల మధ్య అభ్రకపు రేకును ఉంచి తయారు చేసిన "మైకా కండెన్సర్" (బొమ్మ B) నేటి ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలలో విరివిగా వాడుకునే వస్తువులలో ఒకటి.

సమాన దూరాలలో గుదిగుచ్చిన అనేక అల్యూమినియపు రేకుల గుత్తులు రెండు తీసుకుని, ఒక గుత్తిని స్థిరంగా ఉంచి, దాని రేకుల మధ్య గల ఖాళీ స్థలాలలో రెండవ గుత్తి తాలూకు రేకులు – ఒకదానికొకటి తగలకుండా – కదిలేటట్లు చేస్తే వాటి మొత్తం కెపాసిటీని మన చిత్తం వచ్చినట్లు మార్చుకోగల కండెన్సర్ (Variable Condenser) తయారవుతుంది (బొమ్మ C). ఇందులో రేకుల మధ్యనున్న గాలి అవాహకంగా పనిచేస్తుంది. రేడియోలో "ట్యూనింగ్ కండెన్సర్" గా దీనిని ఉపయోగిస్తారు.

మొనదేరిన చువ్వ

విద్యుదావేశితమైన వస్తువుల నుంచి విద్యుత్తును మొనదేరిన వస్తువులు అధికంగా తమలోకి లాక్కుంటాయి అన్న విషయం మీద ఇతడు జరిపిన పరిశోధనలు చాలా ప్రముఖమైనవి.

చదునుగా ఉండే డాబాలమీదకన్నా కోసుగా మొనదేరి ఉండే చర్చి శిఖరాల మీద పిడుగులు ఎక్కువగా పడే అవకాశం ఉంది. అల్లాగే విస్తరించి ఉండే మామిడి, పనస వంటి చెట్ల మీదకన్నా ఎత్తుగానూ కోసుగానూ ఉండే తాటిచెట్ల మీదా, పైన్ వృక్షాలమీదా పిడుగులు అధికంగా పడతాయి.

దరిమిలాని ఈ పరిశోధనలనుంచే ఎత్తైన కట్టడాలను పిడుగుపాటునుంచి రక్షించగల "పిడుగు చువ్వ" (Lightning Rod) తయారు చేయగలిగేడు ఫ్రాంక్లిన్.

విద్యుత్తు ఎన్ని రకాలు?

గాజు విద్యుత్తు, ఏంబర్ విద్యుత్తు అని రెండు రకాల విద్యుత్తులను ఊహించుకోవడం అనవసరం అన్నాడు ఫ్రాంక్లిన్. ఎలక్ట్రిసిటీ అనేది ఒకే ఒక రకం అనీ, వస్తువులలో ఈ "విద్యుత్పదార్థం" హెచ్చుగా ఉంటే ఒక జాతి విద్యుత్తులాగా, తక్కువగా ఉంటే మరో జాతి పదార్థం లాగా మనకు భ్రమ కలిగిస్తోంది అని ఇతడి వాదం. డ్యూఫే, ఎబ్బేనోలే లు ప్రతిపాదించిన "ద్వైత సిద్ధాంతం" కన్నా, ఇతడు సూచించిన "అద్వైత సిద్ధాంతమే" యూరపు లోని శాస్త్రజ్ఞులందరికీ సమ్మతమైంది. ఈ రంగంలో ఇతడు తయారు చేసిన పారిభాషిక పదాలనే ఈ నాటికీ మనం ఉపయోగించుకుంటున్నాం.

గాలిపడగ ప్రయోగం

"ఏమిటి ఆలోచిస్తున్నారు? అంకుల్!" అన్న పక్కింటి పిల్లవాడి ప్రశ్నతో ఫ్రాంక్లిన్ ఊహాలోకంనుంచి ప్రకృతానికి వచ్చాడు.

మేఘాలు కమ్ముకు వస్తున్నట్లు దూరాకాశంలో కనిపించగానే నూలు దారం కట్టిన

సిల్కు గాలి పడగని పైకి వదిలేడు. గాలి విసురుకి పడగ గబగబా పైకి లేచింది. దారబ్బండి గిరగిరా తిరిగింది. గాలిపడగ మబ్బులను ముట్టుకుంటోందా అన్నంత ఎత్తుకి లేచింది. దారం చివర సిల్కు రిబ్బను కట్టి కిటికీ ఊచకి బిగించాడు. సిల్కు రిబ్బనూ, నూలు దారమూ కలిసిన చోట ఒక తాళం చెవి కట్టేడు. సిల్కు రిబ్బను తడిసి పోకుండా ఉంచడం ఇక్కడ చాలా అవసరం.

చాలా సేపు ఎదురు చూడగా చూడగా ఆఖరికి హఠాత్తుగా నూలు ధారపు పీసెలు ముళ్లపంది వంటిమీది ముళ్ల ల్లాగ లేచినిలబడడం కనిపించింది. అంటే దారం లోనికి విద్యుత్తు చేరిందన్నమాట. ఎలక్ట్రోస్కోపు లోని బంగారు రేకులు విద్యుత్తు వల్ల దూరంగా విడిపోయినట్లే ఇక్కడ దారపు పీసెలు సజాతి విద్యుత్తు వికర్షణ వల్ల లేచి నిలబడ్డాయి అని తెలుస్తూనే ఉంది.

అది చూచి ఫ్రాంక్లిన్ తన చేతి మణుకులను తాళంచెవి కొస దగ్గరకు తెచ్చేడు. చేతికి ఎలక్ట్రిక్ స్పార్కు తగిలిన అనుభూతి స్పష్టంగా కలిగింది.

అంతలో వర్షం పడి, దారం తడిసి, దానిగుండా విద్యుత్తు సులభంగా ప్రవహించడానికి అవకాశం కలిగింది. అప్పుడు తాళం చెవినుంచి రవ్వలు మరింత అధికంగా వెలువడసాగేయి. మేఘంలో విద్యుత్తు తయారవుతుంది అన్న అతడి అంచనా సరియైనదే అని తేలింది. ఇది **1752** జూన్‌లో జరిగింది. ఫ్రాన్సులో ఒక నెలకిందటే తాను సూచించిన "ఇనుప చువ్వ ప్రయోగం" మేఘవిద్యుత్తును విజయవంతంగా ప్రదర్శించిదన్న సంగతి అతడికి ఇంకా తెలియదు.



బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్
(1706 – 1790)

విద్యున్మేఘంలో గాలి పటం

పిడుగు చువ్వను, బై ఫోకల్ కళ్ళజోడును కనిపెట్టిన బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్

మరొకడెవడైనా అయితే తన గాలిపడగ ప్రయోగం విజయవంతమైంది అని సంతోషించి, అక్కడితో ఆద్రస్టం మూసేసి ఉండును. కాని, అతడికి పరిశోధించవలసిన విషయాలు ఇంకా చాలా కనిపిస్తున్నాయి. తాను చేరుకోవలసిన గమ్యంలో ఇది కాలూనుకోడానికి అనువైన ఒక నడిమిరాయి మాత్రమే.

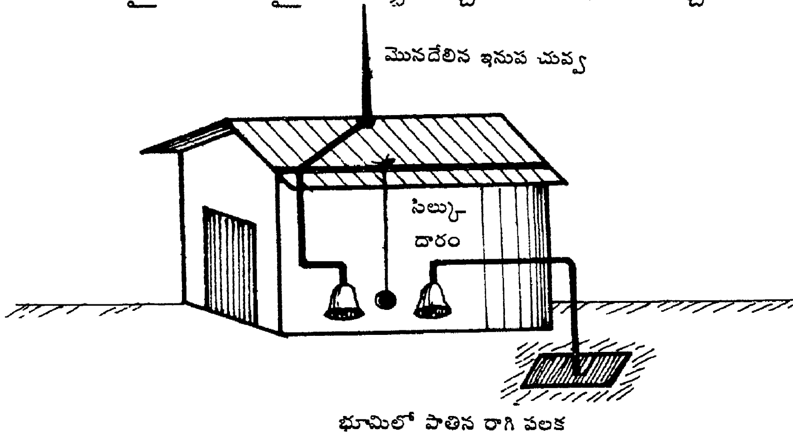
మేఘంలో ఉన్నది ఏ జాతి విద్యుత్తు?

మొట్టమొదటగా అతడు తేల్చుకోదలచినది – తన ఇంటిపైనుంచి వెడుతున్న మెరుపు మేఘంలో ఉన్నది ధనవిద్యుత్తా? ఋణవిద్యుత్తా?

ఈ సంగతి ఎల్లా తెలుస్తుంది?

తన ఇంటి పొగ గొట్టం మీద ఒక ఇనుప చువ్వను నిలబెట్టేడు. దానికి రబ్బరు తొడుగు ఉన్న రాగితీగను అతికించి, ఆ తీగని గోడల వెంబడి కిందికి ఇంట్లోకి తీసుకువెళ్లి భూమిలోపాతిన కుళాయిగొట్టానికి అతికించికట్టేడు. అంటే ఇంటి కప్పుమీది ఇనుపచువ్వను భూమికి కలిపినట్లు అయింది. ఇప్పుడు ఇంటిలోపల తన గది ద్వారందగ్గర ఆ రాగి తీగలోనుంచి 6 అంగుళాలముక్క కత్తిరించేసి, ఆ తీగల కొసలను చెరి ఒక చిన్న గంటకు కట్టేడు. ఆ రెండు గంటలకీ మధ్య ఒక చిన్న ఇత్తడి గోలీని సిల్కుదారంతో వేలాడదీశాడు.

పైనుంచి విద్యున్మేఘం వెడుతున్నట్లయితే ఆ ఇత్తడి గోలీ విద్యుత్తు చేత ఆకర్షింపబడి అటూ ఇటూ ఊగుతుంది; ఆ గోలీ తగిలి గంటలు మోగుతాయి. నిరంతరమూ మెడ పైకెత్తి ఇంటిపైకి మబ్బు వచ్చిందా లేదా, ఆ వచ్చినది విద్యున్మేఘం

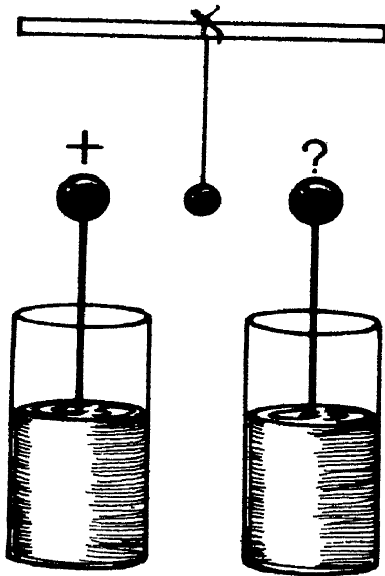


ఇంటి పైనుంచి విద్యున్మేఘం వెడుతూ ఉంటే గంట కొట్టే పనిముట్టు

అవునా? కాదా? అని కళ్లుచించుకుని చూడనవసరం లేకుండా మెరుపు మబ్బు తన ఇంటిపైనుంచి వెడుతూ, "డోర్ బెల్" నొక్కి పిలిచినట్లు, తన రాకను గంటల వాయింపు ద్వారా తెలియజేస్తుంది అన్నమాట.

ఆ గంటల చప్పుడు వినబడగానే, ఇంటిపైన నిలువబెట్టిన ఇనుప చువ్వలోని విద్యుత్తును దగ్గరలో ఉన్న లైడెన్ జార్‌లో నింపుకునేవాడు ఫ్రాంక్లిన్.

అంతకుముందే మరొక లైడెన్ జార్‌లో సిల్కుబట్టతో గాజును రుద్దగా వచ్చిన ధనవిద్యుత్తును నిలువచేసి ఉంచుకున్నాడు. సిల్కుదారంతో వేలాడదీసిన జీలుగుబెండును ఎలక్ట్రోస్కోపుగా ఉపయోగించి ఈ రెండు లైడెన్ జార్‌ల మధ్యనే ఉంచేడు.



విద్యున్మేఘంలో ఉన్నది ధన విద్యుత్తో రుణ విద్యుత్తో నిర్ణయించడానికి ఫ్రాంక్లిన్ వాడిన పనిముట్టు

వేలాడదీసిన జీలుగుబెండును ధనవిద్యుత్తుగల లైడెన్‌జార్ తాలూకు గుండుకి తగిలించాడు. తరవాత మేఘంనుండి పిండిన అజ్ఞాత విద్యుత్తుగల లైడెన్ జార్‌ను ఈ జీలుగుబెండు దగ్గరకు తెచ్చేడు. జీలుగుబెండును అది ఆకర్షిస్తే మేఘం నుంచి వచ్చినది రుణవిద్యుత్తు అనీ, వికర్షిస్తే ధనవిద్యుత్తు అనీ తెలిసిపోతుంది కదా? సజాతి విద్యుత్తులు వికర్షించుకుంటాయనీ, విజాతి విద్యుత్తులు ఆకర్షించుకుంటాయనీ మనకు తెలిసినదే కదా?

ఈపద్ధతిని ఉపయోగించి 1753 ఏప్రిల్ 12వ తేదీని ఎనిమిదిసార్లు వేరు వేరు

మేఘాలలోని విద్యుత్తును పిండి, అవి అన్నీ ఋణవిద్యుత్తులే అని నిర్ణయించాడు ఫ్రాంక్లిన్. కాని జూన్ 6వ తేదీని మాత్రం ధనవిద్యుత్తు గల మేఘం ఒకే ఒక్కటి తగిలిందని వ్రాసుకున్నాడు.

దీనినిబట్టి చాలా మటుకు విద్యున్మేఘాలకి అడుగుభాగంలో ఋణవిద్యుత్తు ఉంటుందనీ, బహు అరుదుగా అడుగుభాగాన ధనవిద్యుత్తు గల మేఘాలుకూడా ఉంటాయనీ ఆయన నిర్ధారణ చేశాడు.

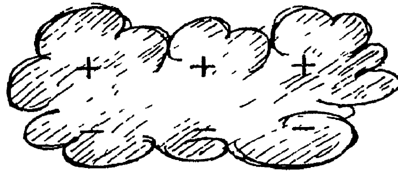
1750లో ఫ్రాంక్లిన్ పంపిన పరిశోధన పత్రాన్ని చూసి వెక్కిరించి, అచ్చువేయడానికి నిరాకరించిన రాయల్ సొసైటీ సభ్యులు 1753లో అతడిని యావజ్జీవ సభ్యుడిగా ఎన్నుకున్నారు. "కోప్లే మెడలు" ఇచ్చి గౌరవించారు. ఆక్స్‌ఫర్డ్, ఎడింబరో యూనివర్సిటీలు అతడికి డాక్టరేటు డిగ్రీలు ఇచ్చాయి. ఫ్రాంక్లిన్ పేరు యూరపు అంతటా మారుమోగిపోయింది.

ప్రాణం తీసిన మేఘ విద్యుత్తు

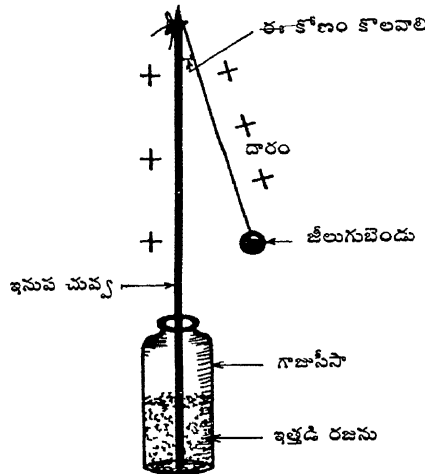
ఇక్కడ నొక్కిచెప్పవలసిన ముఖ్యమైన విషయం ఒకటి ఉంది. మబ్బులలో నుంచి విద్యుత్తును తీయడం చాలా ప్రమాదకరమైన పని. ఈ ప్రయత్నంలో ప్రాణాలు పోగొట్టుకున్న వాళ్ళున్నారు. వారిలో రిచ్‌మన్ అనే రష్యన్ శాస్త్రజ్ఞుడొకడు.

సెంట్ పీటర్స్‌బర్గు (ఇప్పటి లెనిన్‌గ్రాడ్)లో భౌతికశాస్త్రాచార్యుడుగా పనిచేస్తున్న రిచ్‌మన్ మబ్బులలోని విద్యుత్తు బలాన్ని కొలవగల సాధనాన్ని తయారు చేసే ప్రయత్నంలో ఉన్నాడు. అందుకోసం నేలమీద ఉంచిన గాజుబుడ్డిలో నిట్టనిలువుగా ఇనుపకడ్డీ ఒకటి నిలువబెట్టేడు. ఆ బుడ్డీ లోపల కొద్దిగా ఇత్తడి రజను పోశాడు (ఇత్తడి రజను ఎందుకో తెలియలేదు). ఈ చువ్వ పైకొసని ఒక దారం, ఆ దారం కొసని ఒక జీలుగుబెండు గుండు కట్టేడు. చువ్వలో విద్యుత్తు లేనప్పుడు ఈ దారం నిట్టనిలువుగా కిందికి వేలాడుతూ ఉంటుంది. పైనుంచి విద్యున్మేఘం వెడుతూ ఉంటే ఆ చువ్వలోనూ, దానికి కట్టిన దారంలోనూ ఒకే జాతి విద్యుత్తు ప్రేరేపించబడుతుంది. ఇవి సజాతి విద్యుత్తులు కనుక దారం చువ్వనుంచి దూరంగా తొలగిపోతుంది. భూమి ఆకర్షణవల్ల జీలుగుబెండు, దారము యథాస్థితికి రావడానికి ప్రయత్నిస్తాయి. ఈ రెండు పరస్పర వ్యతిరేక శక్తుల ఉమ్మడి ఫలితంగా దారం చువ్వ నుంచి ఒక కోణంలో పక్కకి తొలగి నిలబడుతుంది. మేఘంలో విద్యుత్తు బలం ఎంత అధికంగా ఉంటే, చువ్వకీ దారానికీ మధ్య కోణం అంత అధికంగా ఉంటుంది.

ఇనుపచువ్వకి అడుగున కట్టిన "క్వాడ్రెంటు" సహాయంతో ఈ కోణాన్ని కొలుస్తున్నాడు ప్రొఫెసర్ రిచ్‌మన్; అసిస్టెంటు సోలొఖఫ్ ఆయన చెప్పినది పుస్తకంలో వ్రాసుకుంటున్నాడు. అంతలో పిడికిలి ప్రమాణంలో నీలిరంగు మంట వంటిది ఏదో



విద్యున్మేఘం



మేఘంలోని విద్యుత్తు బలాన్ని కొలవడానికి ప్రొఫెసర్ రిచ్‌మన్ చేసిన ప్రయోగం

ఇనుపచువ్వనుంచి ఎగిరి ప్రొఫెసరుగారి తలమీదికి దూకినట్లుగా లీలగా కనిపించింది. కళ్లుతిరిగి పడిపోయిన సోలొఖఫ్ మళ్లీ లేచి చూచేసరికి ప్రొఫెసర్ చచ్చిపడి ఉన్నాడు. ఆయన నుదుటిమీద పావలాకాసంత ఎర్రని మచ్చ మాత్రం కనిపించింది. అందులోనుంచి నెత్తురు బొట్టుబొట్లుగా కారుతోంది. ఆయన తొడుక్కున్న ఎడమకాలి బూటు తునాతునకలై కిందపడి ఉంది. ఆ కాలి చివర నీలిరంగు మచ్చ పడింది. ఈ గుర్తులనుబట్టి ప్రచండమైన విద్యుత్ప్రవాహం ఆయన తలలో ప్రవేశించి, నేలని ఆనుకుని ఉన్న ఆయన ఎడమకాలి పాదంలోనుంచి భూమిలోకి వెళ్లిపోయి ఉంటుందని ఊహించారు.

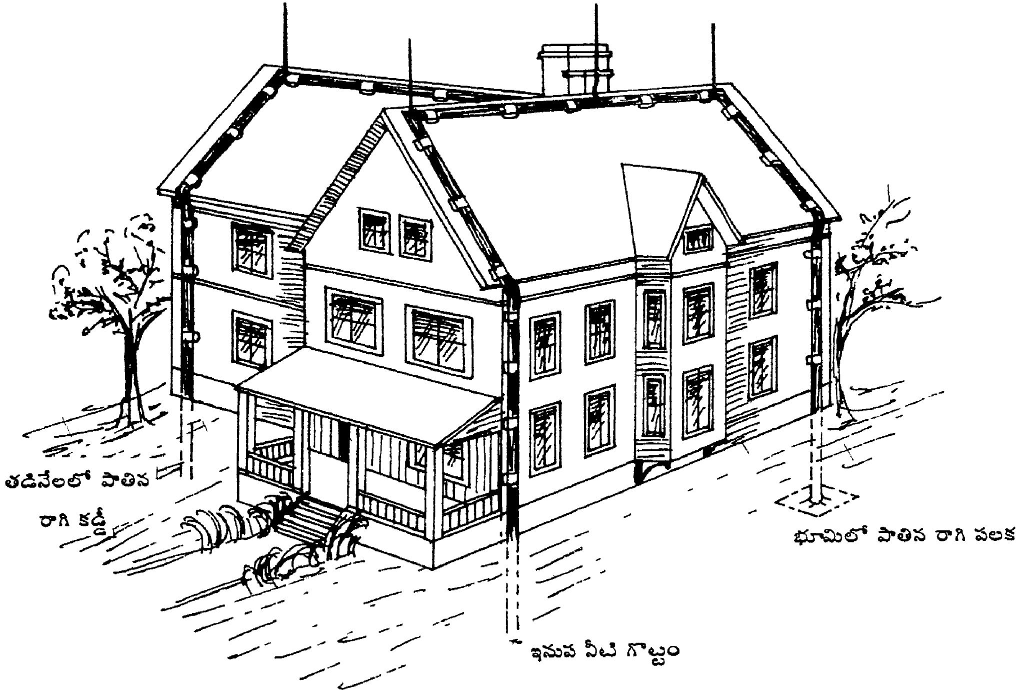
మెరుపులు వస్తున్నవేళ గాలిపడగలు ఎగురవేయడం కూడా ఇల్లాగే బహు ప్రమాదకరం. బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్ అదృష్టవశాత్తూ వెంట్రుకవాసిలో ఇటువంటి చావు తప్పించుకున్నాడు..

పిడుగు చువ్వ

మేఘాలలో పుట్టే మెరుపులకీ, ఉరుములకీ అసలు కారణం విద్యుత్తేనని మొట్టమొదట గ్రహించినవాడు బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్. మేఘంలోని విద్యుత్తు భూమిలోకి డిశ్చార్జి అవడాన్నే మనం పిడుగు అంటున్నాం. అపారమైన విద్యుత్ప్రవాహంవల్ల పుట్టే వేడికి చెట్లు కాలిపోతాయి, ఇళ్లు కూలిపోతాయి; షాకు వల్ల జీవాలు చచ్చిపోతాయి.

ఆ పిడుగు తమ మీద పడకుండా కాపాడమని దేవుడికో దండం పెట్టుకోవడం తప్ప మార్గాంతరం తెలియక చీకట్లో తడుములాడుకుంటున్న మానవజాతిని ఆ పిడిగు బారినుండి నమ్మకంగా రక్షించగల "పిడుగుచువ్వ" (Lighting Rod)ను కనిపెట్టినవాడు ఫ్రాంక్లిన్. మేఘవిద్యుత్తు లక్షణాలమీద బహుకాలం పరిశోధనచేసి, పిడుగును లొంగదీసే ఆయుధాన్ని లోకానికి ప్రసాదించినవాడు ఫ్రాంక్లిన్.

మబ్బులలో తయారైన విద్యుత్తు ఏదోవిధంగా నేలలోకి (లేదా మరో మబ్బులోకి) పోవాలని ప్రయత్నిస్తుంది. పోవడానికి సులభమైన మార్గం లేకపోతే పెద్ద పెద్ద రవ్వలు



పిడుగు చువ్వ

వస్తాయి; వేడి పుడుతుంది. అదే ప్రమాదాలకు దారితీస్తుంది. ఆ విద్యుత్తు భూమిలోకి సులభంగా పోవడానికి దారికల్పిస్తే, రవ్వలు రావు, వేడిపుట్టదు. ఏ ప్రమాదమూ జరుగదు.

కనుక చేయవలసినదేమిటంటే ఇంటి నడికప్పుమీద, అన్నిటికన్న ఎత్తున నిట్టనిలువుగా మొనదేలిన ఇనుపచువ్వని బిగించి, దానికింది కొసకి బలమైన రాగితీగ అతికించి, ఆతీగ తాలూకు రెండవకొసను భూమిలో లోతుగా పాతిపెట్టాలి అని ఫ్రాంక్లిన్ కనుక్కున్నాడు. ఇల్లా చేస్తే మేఘంలోని విద్యుత్తును చువ్వ గ్రహించి, రాగి తీగగుండా భూమిలోకి నిరపాయంగా పంపించేస్తుంది. ఆ ఇంటికీ, ఇంట్లో ఉన్నవాళ్లకీ ఎటువంటి ప్రమాదమూ ఉండదు.

ఈ చువ్వని "పిడుగు చువ్వ" అనీ "ఫ్రాంక్లిన్ చువ్వ" అనీ అంటారు.*

....

* పిడుగులు, పిడుగుచువ్వలూ, ఉరుములు, మెరుపులు, వడగళ్లు వగైరాలను గురించి ఇంకా వివరంగా తెలుసుకోదలచినవారు నా "పిడుగుదేవర కథ" చూడవచ్చు.

3 చచ్చిన కప్పల కదలికలు

బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్ పిడుగుచువ్వ కనిపెట్టి ప్రపంచాన్ని అదరగొట్టేసి అప్పుడే ముప్పై ఏళ్లైంది. ఈ మధ్యకాలంలో విద్యుద్రంగంలో చెప్పుకోదగ్గ కొత్త సంగతి ఒక్కటికూడా ఎవ్వరూ కనిపెట్టలేదు. ఈ శాస్త్రంలో ఫలానా విషయం సరిగ్గా అవగాహన కాలేదనీ, కనుక దానిమీద కృషి చెయ్యాలనీ తీర్మానించుకుని ఎవ్వరూ పరిశోధన సాగించడంలేదు. అంతా ప్రమాదవశాత్తూ జరిగి పోవడమే అవుతోంది. దేని కోసమో పరిశోధన చేస్తూ ఉంటే వాళ్లు ఊహించినది కాక మరేదో తటస్థపడడమూ, అది అసలు అనుకున్నదానికన్న ఎక్కువ విలువైనది కావడమూ, ఆ అందిన కొన దొరకబుచ్చుకుని మొత్తం దారపుఉండ అంతా లాగెయ్యడమూ జరుగుతోంది.

అటువంటి అదృష్టకరమైన ప్రమాదం ఒకటి జరిగి, ఎవ్వరూ ఎన్నడూ కనీవినీ ఎరుగని ఆవిష్కరణకి దారితీసి, మానవ మేధస్సుని గుంజి గుంజి వదిలేసిన అపూర్వమైన సంఘటన ఒకటి తటస్థపడింది. దానికి కారణమైనది ఒక కప్ప కాలు! అది అయినా చచ్చిన కప్ప తాలూకు కాలు!

గాల్వనీ పరిశోధనలు

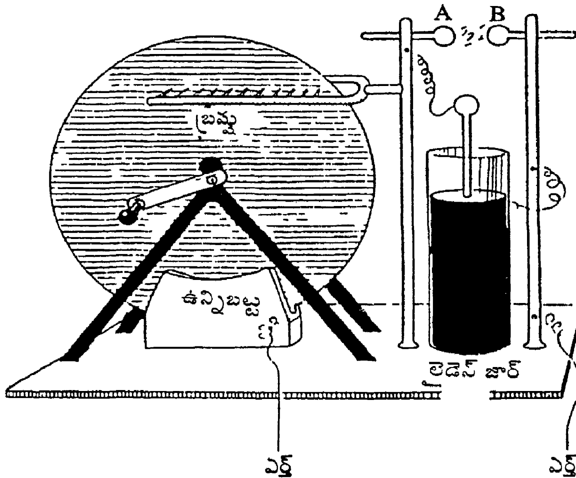
ఈ అంకానికి రంగస్థలం అమెరికానుంచి యూరపుకి మారింది. ఇటలీలో కోమో సరస్సు ఒడ్డున ఉన్నబొలోగ్నా పట్టణంలో బొలోగ్నా యూనివర్సిటీ మెడికల్ కాలేజీలో లూయిగీ గాల్వనీ అనే పెద్దమనిషి ఎనాటమీ శాఖలో ప్రొఫెసరుగా పనిచేస్తున్నాడు. ఆయన ఇదివరలో పక్షుల శ్రవణాంగాలమీద పరిశోధన చేశాడు. ప్రస్తుతం జంతువుల మీద విద్యుత్ప్రభావం ఎటువంటిది అనే విషయాన్ని పరిశీలిస్తున్నాడు. మనుషులకి వచ్చే కొన్ని రకాల జబ్బులకు "ఎలక్ట్రిక్ షాక్" మందు కావచ్చునని అప్పట్లో చాలామంది ఊహాగానాలు చేస్తున్నారు. చిన్నచిన్న జంతువుల మీద తాను చేసే పరిశోధన క్రమంగా మనుషుల జబ్బుల మందుకి దారితీయవచ్చునని ఆయన ఆశ. ఈ పనిలో ఆయనకి క్లాసులోని సీనియరు విద్యార్థులు, ఒక్కొక్కప్పుడు ఆయన భార్య సాయపడుతున్నారు.



లూయిగీ గాల్వానీ (1737 – 1798)

కప్ప కాళ్ళు

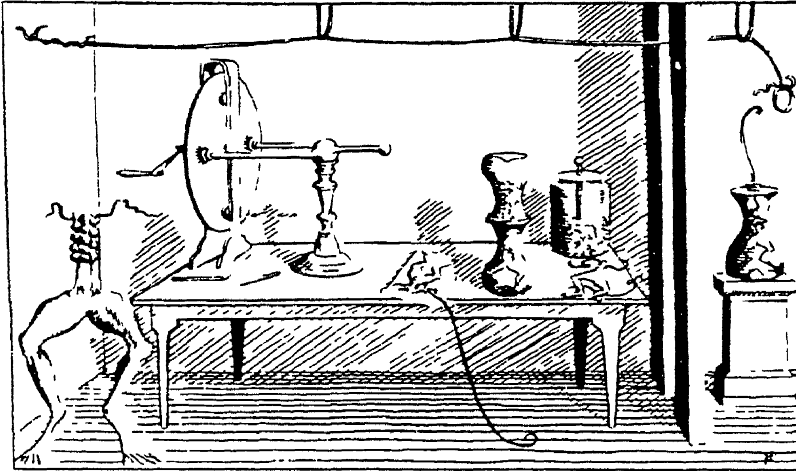
అది 1780 నవంబరు నెల. ప్రొఫెసర్ గాల్వానీగారి లేబరేటరీలో ఒకపక్కని విద్యుద్యంత్రం పనిచేస్తోంది. అది ఫ్రాంక్లిన్ ఉపయోగించిన రకానికి చెందినదే కాని గాజు గోళానికిబదులు గాజుపలక మీద రుద్దుడువల్ల విద్యుత్తు తయారవుతోంది. మరోపక్కని గాజుపళ్లెంలో అప్పుడే కోసిన కప్ప కాళ్లు ఉన్నాయి; మిగిలిన దాని శరీరం అంతా వేరు చేసేశారు.



గాల్వానీ లేబరేటరీలోని స్థిర విద్యుద్యంత్రం

గాల్వనీ గారి భార్య ఆ కప్పకాళ్లను కత్తిమొనతో సరిచేస్తోంది. అంతలో ఉన్నట్లుండి ఆ కప్ప కాళ్లు గిలగిలా తన్నుకున్నాయి! ఆమె తన కళ్లని తానే నమ్మలేకపోయింది. తాను పొరబడలేదుకదా అనుకుంటూ ఉండగా ఆ కాళ్లు మళ్లీ గిలగిలలాడేయి. ఆమె కంగారుపడి, మరో బల్లదగ్గర పనిచేస్తున్న తన భర్తని పిలిచింది. ఇల్లా ఇల్లా జరిగింది అని కత్తి మొనతో చూపిస్తూ ఉండగా – అందరూ చూస్తూ ఉండగా – ఆ కాళ్లు మళ్లీ కదిలేయి.

గాల్వనీ కళ్లు సూదులైపోయాయి. ఇటువంటి విడ్డూరం ఇంతవరకూ ఆయన ఎరగడు. చచ్చిన జంతువు కదలడమేమిటీ? అయితే ఆ కాళ్లు అన్నప్పుడూ కదలడం లేదు. కత్తితో ఒక ప్రత్యేక ప్రదేశంలో – ఇంకా ఖచ్చితంగా చెప్పాలంటే "క్యూరల్ నెర్వ్" (Cural Nerve) ని ముట్టుకుంటేనే కదులుతున్నాయి.



గాల్వనీ లేబరేటరీ; కప్ప కాళ్ళు, స్థిర విద్యుద్యంత్రం లైడెన్ జార్ చూడవచ్చు

లేబరేటరీలో చెవులు తడకలు కట్టేటట్లు హోరుపెడుతున్న విద్యుద్యంత్రాన్ని ఆపేశాడు గాల్వనీ తన ఆలోచనలకు అంతరాయం కలిగిస్తోందని. తరవాత కత్తిమొనతో కప్పనాడిని మళ్లీ ముట్టుకున్నాడు. ఈసారి కప్పకాళ్లు కదలలేదు! ఎన్నివిధాల ప్రయత్నించినా ఆకప్ప కాళ్లు ఉలకలేదు, పలకలేదు. ఏమిటీ తమాషా! ఇందాకటికీ ఇప్పటికీ తేడా ఏమిటీ?

తేడా లేకపోలేదు. ఇందాక విద్యుద్యంత్రం పనిచేస్తోంది. ఇప్పుడు దాన్నితానే ఆపేశాడు. అయితే విద్యుద్యంత్రం హొరుపెడుతూ ఉంటేనే కాని చచ్చిన కప్ప కాళ్లకి చలనం రాదా ఏం? ఆయన సంజ్ఞ చెయ్యగా ఒక విద్యార్థి ఆ యంత్రాన్ని మళ్ళీ తిప్పసాగేడు.

ఇప్పుడు కప్ప కాళ్లు మళ్లీ మళ్లీ ఎగిరిపడ్డాయి.

అనేక విధాలుగా ప్రయత్నాలు చేయగా చేయగా ఆఖరికి తెలిసిన దేమిటంటె – విద్యుద్యంత్రం తిరుగుతూ ఉండాలి. అంతమాత్రాన సరిపోదు. అందులోనుంచి కర్ కర్ మంటూ రవ్వలు రావడమూ, కత్తిమొనతో క్యూరల్ నాడిని ముట్టుకోవడమూ ఏక సమయాలలో జరిగినప్పుడే పళ్లెంలోని కప్ప కాళ్లు గిల గిలా కొట్టుకుంటాయి.

గాల్వనీ తన మిగిలిన పనులన్నీ పక్కకి పెట్టి, తన ధ్యాసంతా ఈ విచిత్ర ప్రయోగం మీదనే లగ్నం చేశాడు. కప్ప కాళ్లని కదిలించిన శక్తి విద్యుత్తేనని ఆయనకి నమ్మకం కలిగింది. అయితే విద్యుత్తుకీ ప్రాణంకీ ఏమిటి సంబంధం? ప్రాణం అంటేనే విద్యుత్తు అని అర్థమా? దీని సంగతి తేల్చుకోవాలనుకున్నాడు. మరో నెల్లాళ్లపాటు రాత్రిం బవళ్లు ఇదే ఆలోచన. రకరకాలుగా తిప్పి తిప్పి అదే ప్రయోగం మళ్లీ మళ్లీ చేశాడు. క్రిస్మస్ రోజున తన నోటు పుస్తకంలో ఆయన ఇల్లా వ్రాసుకున్నాడు "జీవుల నాడీ – కండర శక్తి (Nervo-Muscular Force)ని ప్రేరేపించేది విద్యుత్తే".

జీవ సంబంధమైన శక్తికీ, విద్యుత్తుకీ మొట్టమొదటిసారి సంబంధం ఏర్పడింది. అయితే ఈ యంత్రంలో తయారైన విద్యుత్తువల్లనే కప్ప కాళ్లల్లోని నాడీ – కండరశక్తి మేలుకుందా? విద్యుత్తు ఏవిధంగా తయారైనప్పటికీ ఇదే ధర్మాన్ని ప్రదర్శిస్తుందా? రుద్దడం ద్వారా ఏర్పడేది కాక మరోరకం విద్యుత్తు ఏముంది? అన్నట్లు బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్ కనుక్కున్న మేఘ విద్యుత్తు ఉంది కదా? దానికి కూడా కప్ప కాళ్లని కదిలించే శక్తి ఉంటుందా? అవును మంచి ప్రశ్నే. దీని అంతు తేల్చుకోవాలి. కాని, వెంటనే ఆ పని ప్రారంభించడానికి వీలు లేదు కదా? ఫ్రాంక్లిన్ చువ్వ తయారు చేసుకోవాలి. తీగలు అమర్చుకోవాలి. అన్నింటికన్నా ముఖ్యంగా విద్యున్మేఘం ఉండాలి. విద్యుత్తు మామూలు మేఘాలలో ఉండదాయె. మెరుపు తుఫాను ఎప్పుడు వస్తుందో ఏమో. దానికోసం ఎదురు చూడడం తప్ప ఇప్పట్లో చేయగలిగిందేమీ లేదు.

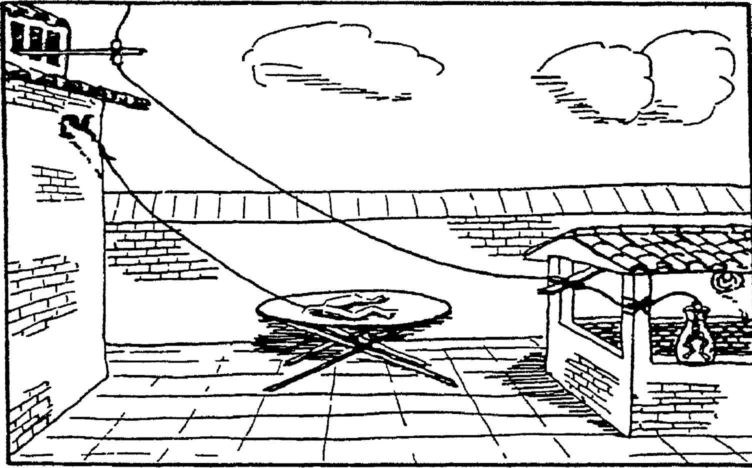
గాల్వనీకి ఇదొక్కటే పనికాదు కదా? యూనివర్శిటీ విద్యార్థులకి ఎనాటమీ బోధించాలి. బీదవాళ్లకి వైద్యం చెయ్యాలి. ఆయన ఏది మానినా పేదలకి వైద్యం మాత్రం మానలేదు. తాను చూడకపోతే పాపం వాళ్లెక్కడికి పోతారు? డబ్బున్నవాళ్లకైతే కో అంటె కోటి మంది పలుకుతారు.

మబ్బులలోనుంచి విద్యుత్తు పిండడానికి అవసరమైన ఏర్పాట్లన్నీ పూర్తి అయాయి.

తన ఇంటి నడికప్పు మీద పిడుగుచువ్వ అమర్చి, దాని నుంచి రాగి తీగ కిందికి తెచ్చి, పళ్లెంలో ఉన్న కప్ప నాడులకి తగిలించి ఉంచాడు. అంతలో ఒక కారు మబ్బు అటుగా వచ్చింది. ఒక మెరుపు మెరిసింది. పళ్లెంలోని కప్ప కాళ్లు అచ్చంగా వెనుకటిలాగే గిలగిల లాడేయి. ఇదే ప్రయోగాన్ని రకరకాలుగా మార్చి చేశాడు. మేఘవిద్యుత్తును లైడెన్ జార్‌లో పట్టి దానిని తగిలించినా సరే కప్ప కాళ్లు ఎప్పటిలాగే కదులాడేయి.

అంటే, విద్యుత్తు ఏవిధంగా తయారైనప్పటికీ అది కప్ప కాళ్లమీద ఒకే విధంగా పనిచేస్తుందన్నమాట.

ఈ ప్రయోగాలు అనేక సంవత్సరాలపాటు నడిచేయి. తన సందేహాలన్నిటికీ సంతృప్తికరమైన జవాబులు దొరికేవరకూ గాల్వనీ తన పరిశోధన ఫలితాలను ప్రకటించదలుచుకోలేదు.

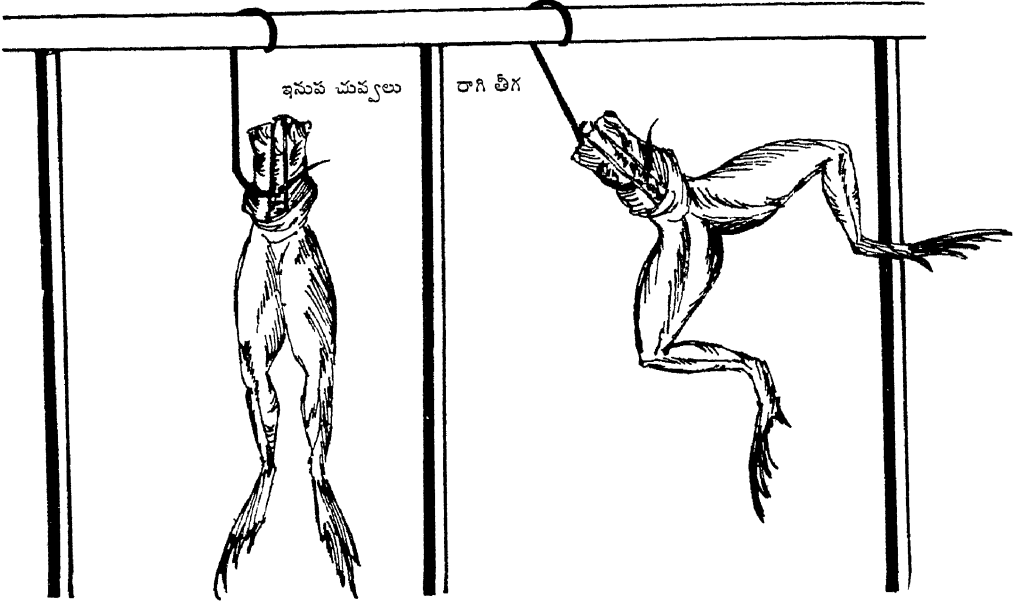


మేఘ విద్యుత్తుతో కూడా కప్ప కాళ్ళు
కదులుతాయని గాల్వనీ చేసిన ప్రయోగం

విద్యుత్తు లేకుండానే కప్ప కాళ్లు కదులుతాయా?

విద్యుత్తు అనేది ప్రాణంలో ఒక భాగమని తాను రుజువు చేయగలిగితే అది చాలా గొప్ప పరిశోధనగా లోకం గుర్తిస్తుందని గాల్వనీ అనుకున్నాడు. ఈ ప్రయత్నంలో ఆరు సంవత్సరాలు గతించిపోయాయి.

అది 1786 అక్టోబరు నెల. యథాప్రకారంగా కప్పలను "డిసెక్టు" చేసి, తలకాయలు వేరుచేసి, వాటి వెన్నుపూసలలోంచి రాగితీగ హుక్కు గుచ్చి, డాబామీద ఇనుపకటకటాల "రెయిలింగు" కి వేలాడదీశాడు ఆయన అసిస్టెంటు. ఆ రోజున మెరుపు తుఫాను వచ్చే సూచనలు కనిపిస్తున్నాయి.



ఇనుప కటకటాలకు తగలగానే కప్పకాళ్ళు గిలగిలలాడేయి.

గాల్వానీ తీగలు అమర్చే ప్రయత్నంలో ఉండగా రివ్వున గాలి వీచింది. వేలాడుతున్న కప్ప కాళ్లు అటూ ఇటూ ఉయ్యాలలూగి, రెయిలింగు తాలూకు ఇనుప చువ్వలకి తగిలేయి. వెంటనే ఆ కాళ్లు గిలగిలా తన్నుకున్నాయి! ఆ కప్ప కాళ్లు ఇనుప ఊచలకి తగిలినప్పుడల్లా గలగిలలాడసాగేయి.

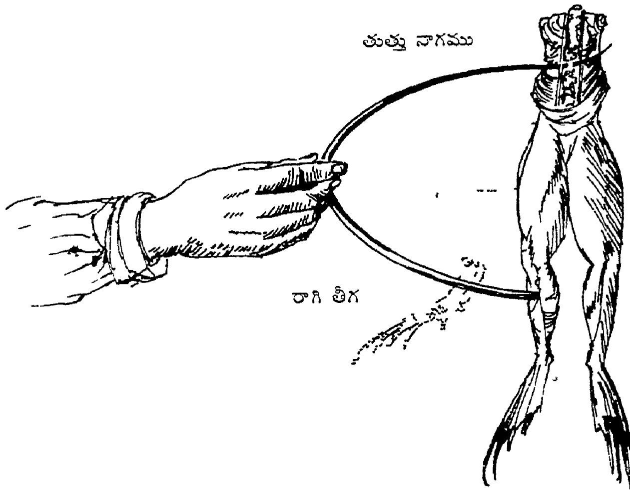
అది చూసి గాల్వానీ ఆశ్చర్యపోయాడు. పిడుగు చువ్వనుంచి వచ్చిన తీగలను కప్ప కాళ్లకి తానింకా తగిలించనే లేదు కదా, అప్పుడే ఆ కాళ్లు ఎలా గిలగిలలాడేయి? పోనీ విద్యుద్యంత్రం నడుస్తోందా అంటే అదీ లేదు కదా? మరి కప్ప కాళ్లని గిలగిలలాడించిన విద్యుత్తు ఎక్కడనుంచి వచ్చింది?

కప్ప కాళ్లని కదిలించినది విద్యుత్తేనని తాను ఇన్నేళ్ల పరిశోధనలో గ్రహించినదంతా గాలికి పోవలసినదేనా?

ఆ కప్ప కాళ్లని డాబా మీదనుంచి కిందనున్న తన గదిలోకి తీసుకువెళ్లి ఇనుప పళ్లెంలో ఉంచేడు. కప్పకి గుచ్చిన రాగి హుక్కు పళ్లెంకి తగిలినప్పుడల్లా కప్ప కాళ్లు కొట్టుకుంటున్నాయి!

పళ్లెంలోంచి తీసేసి కప్ప కాలికి ఒక ఇనుప తీగ తగిలించాడు; దానిని కప్ప వెన్నులో గుచ్చిన రాగి తీగకి తగిలించినప్పుడల్లా కప్ప కాళ్లు కదిలేయి.

కప్ప కాళ్లకీ, నాడులకీ కూడా రాగితీగలే గుచ్చి, ఆ రెండు తీగలనీ కలిపేడు; ఇప్పుడు కప్ప కాళ్లల్లో చలనం లేదు. రాగితీగలకి బదులు రెండూ ఇనుప తీగలే ఉపయోగించి అదే ప్రయోగం మళ్లీ చేసి చూశాడు. ఈసారి కూడా కప్ప కాళ్లల్లో కదలికలేదు.



రెండు వేరు వేరు లోహాల తీగలతో కప్ప నాడులను, కాలినీ కలిపితే చాలు ఆ కాళ్ళు కదులుతాయి.

ఈ విధంగా వందలాది ప్రయోగాలు చేసాడు గాల్వనీ. కప్ప కాళ్లకీ, నాడులకీ వేరు వేరు లోహపు తీగలు గుచ్చి, ఆ తీగలకొనలు కలిపినప్పుడు మాత్రమే ఆ కాళ్లు గిలగిలలాడతాయనీ, ఆ లోహాలు ఏవేవి అయినా ఫరవాలేదు అనీ గ్రహించాడు. ఒకే లోహంతో చేసిన తీగలు ఉపయోగిస్తే మాత్రం కాళ్లు కదలవు. ఇదీ సారాంశం.

దీని అర్థం ఏమిటి?

జీవ విద్యుత్ సిద్ధాంతం

కప్ప కాలినుంచి ఇనుపతీగకి, అక్కడినుంచి రాగితీగద్వారా కప్పనాడులకీ, అక్కడినుంచి కాలి కండరంలోకీ "విద్యుద్వలయం" (Electric Circuit) పూర్తి అవుతోంది. ఈ వలయంలో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది; కనుకనే కప్ప కాలు కదిలింది.

అంటే ఈ వలయంలోనే ఎక్కడో విద్యుత్తు తయారవుతోంది అన్నమాట. ఎక్కడ తయారవుతోంది? ఇనుపతీగలోనా? రాగితీగలోనా? నిర్జీవ లోహాలలో విద్యుత్తు పుట్టడం ఎలా సాధ్యం? కప్ప కాలిలో విద్యుత్తు పుడుతోందా? కావచ్చు. ఆ కాలు కొద్ది క్షణాల క్రిందటి వరకూ సజీవమైన కప్ప శరీరంలో భాగమే కదా?

అంతే అయి ఉంటుంది. విద్యుత్తు అనేది మృత శక్తి కాదు. అది రవ్వలు చిమ్ముతుంది. కరకరమని శబ్దం చేస్తుంది. ముట్టుకుంటే షాకు కొడుతుంది. కనుక అది సజీవ శక్తి అనడానికి ఇంకా సందేహం ఏమిటి?

గాల్వనీ చదువుకున్నది జీవశాస్త్రం; నిర్జీవ లోహాలలో విద్యుత్తు పుట్టగలదని ఎల్లా ఊహించగలడు? కనుక కప్ప కాలిలోనే విద్యుత్తు పుడుతుంది అని స్థిరపరచుకున్నాడు. దానికి "జీవ విద్యుత్తు" (Animal Electricity) అని పేరు పెట్టేడు. లోహపు తీగలు విద్యుద్వలయాన్ని పూర్తి చేయడానికి మాత్రమే పనికివస్తాయని నమ్మేడు.

తన ఊహ నిజమేనని నిశ్చయంగా ధ్రువపరచుకోవడం కోసం మరో ఐదు సంవత్సరాలపాటు జీవవిద్యుత్తుమీద పరిశోధనలు కొనసాగించేడు.

మొత్తం 11సంవత్సరాల నిరంతర కృషి ఫలితాలను క్రోడీకరిస్తూ "కండరాల కదలికలపై విద్యుత్ప్రభావం" అనే పేరుతో 1791లో 60పేజీల మోనోగ్రాఫు ప్రచురించాడు గాల్వనీ. దాని అనువాదాలు త్వరలోనే యూరపు అంతటా పాకిపోయాయి. ఏ దేశంలో ఏ శాస్త్రజ్ఞుడినోట విన్నా దీనిని గురించిన మాటలే.

బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్ ఈ గాల్వనీ పరిశోధనలను గురించి వినకుండానే, అంతకు ఏడాదిక్రితమే కన్ను మూశాడు.

అలిస్సాండ్రో వోల్టా (1745–1827)

ఉత్తర ఇటలీలో పావియా యూనివర్సిటీలో బయాలజీ ప్రొఫెసరుగా పనిచేస్తున్న అలిస్సాండ్రో వోల్టా అనే యువకుడు తాను వ్రాసిన మోనోగ్రాఫు చదివి, ఆ కప్పలతోడి ప్రయోగాలన్నీ మళ్లీ స్వయంగా చేసి చూస్తున్నాడన్న వార్త గాల్వనీ చెవిని పడింది. తన పరిశోధనలను ఎదరకు తీసుకుపోయే యువకులు బయలుదేరుతున్నారని ఆయన మనసారా సంతోషించాడు.

కాని, ఆ సంతోషం ఎంతోకాలం నిలవలేదు. గాల్వనీ చేసిన ప్రయోగాలన్నీ సరిగానే ఉన్నాయి. కానీ వాటిని ఆధారంగా చేసుకుని ఆయన నిర్మించిన జీవ విద్యుత్ సిద్ధాంతం మాత్రం సరిగ్గాలేదని వోల్టా నిర్మొహమాటంగా, పబ్లిగ్గా కోడిగుడ్డుకి ఈకలు తీస్తున్నాడని తెలియవచ్చింది. రెండు వేరు వేరు లోహాలను ఉపయోగిస్తే కాని కప్ప కాళ్లు

కదలడంలేదు కనుక, విద్యుత్తు కప్ప శరీరంలో పుట్టింది అనడం తప్పు అన్నాడు వోల్టా

విద్యుత్తు కప్ప శరీరంలోనే పుట్టినట్లయితే వలయం పూర్తి అవడానికి ఒకే రకం లోహపుతీగలు చాలుతాయి కదా, మరి రెండురకాల తీగలు ఎందుకు అవసరం అయాయి? అని ప్రశ్నించాడు.

అయితే కప్ప కాళ్లని కదిలించిన విద్యుత్తు ఎక్కడ పుట్టినట్లు? రెండు వేరువేరు లోహాలను కలిపితే చాలు విద్యుత్తు పుడుతుంది అన్నాడు వోల్టా.

ఈ ప్రయోగాలలో కప్ప కాళ్లు నిర్వహిస్తున్న పాత్ర ఏమిటో కూడా సరిగ్గా వివరించగలిగేడు వోల్టా. విద్యుత్తు ఉనికిని చూపించే ఎలక్ట్రోస్కోపుగా మాత్రమే కప్ప కాలు పనిచేస్తోంది, అంతకన్న మరేమీ లేదు అన్నాడు.

బంగారు రేకుల ఎలక్ట్రోస్కోపు స్థిరవిద్యుత్తు (Static Electricity) ఉనికిని సూచిస్తుందని తెలుసుకున్నాం. ప్రవహిస్తున్న విద్యుత్తును కొలిచే పనిముట్టు సరియైనది ఏదీ లేదు. అదిగో ఆ విద్యుత్ప్రవాహాన్ని కొలిచే సున్నితమైన పనిముట్టుగా కప్ప కాలు పని చేసింది.

ఫ్రాంక్లిన్ వగైరా శాస్త్రజ్ఞులు రెండు విద్యుదావేశాల బలాలను పోల్చి, ఏది ఎక్కువ బలమైనదో తెలుసుకోడానికి – వాటిని చేతితో ముట్టుకుని, ఏది ఎక్కువ షాకు కొడుతుందో పోల్చి చూసేవారు. ఇది నిజానికి ఏమంత మంచి పద్ధతి కాదు. షాక్ తినడం ఎవరికి ఇష్టం ఉంటుంది? షాకు మరీ అధికమైతే ప్రమాదం కూడానూ. భేదం మరీ అల్పమైతే రెండిటిలో ఏది ఎక్కువదోతేల్చుకోవడం కష్టం. గాల్వనీ తన ప్రయోగాలలో విద్యుత్ప్రవాహ బలాన్ని కొలవడానికి మానవ నాడీ కండర సంచలనాలకు బదులు కప్ప యొక్క నాడీ కండర సంచలనాలను ఉపయోగించుకున్నాడు. కానీ ఈ సంగతి ఆయన ఎరగడు.

కప్పకాలును "ఎలక్ట్రోమీటరుగా" ఉపయోగించుకోవడంలో మరో సౌకర్యం ఉంది. మనిషి కండరం కన్న కప్ప కాలు అల్పాల్ప విద్యుత్ప్రవాహాలకు సైతం స్పందించగలదు. అంటే ఇది మనిషి కండరం కన్న చాలా రెట్లు సున్నితమైనదన్నమాట.

గాల్వనీ ఓ పట్టాన వోల్టావాదాన్ని అంగీకరించలేదు. ఇరుపక్షాలవారికీ వాదోపవాదాలు చాలాకాలం సాగేయి.

రెండు వేరువేరు లోహాల కలయిక వల్లనే విద్యుత్తు తయారవు తున్నట్లయితే, కప్ప శరీరానికి, విద్యుదుత్పాదనతో ఏవిధమైన సంబంధమూ లేనట్లయితే – కప్పనుగానీ, జీవ సంబంధమైన మరో వస్తువునుగానీ ఉపయోగించకుండా విద్యుత్తును తయారు చేసి చూపించవలసిందని వోల్టాను సవాలు చేశాడు గాల్వనీ.

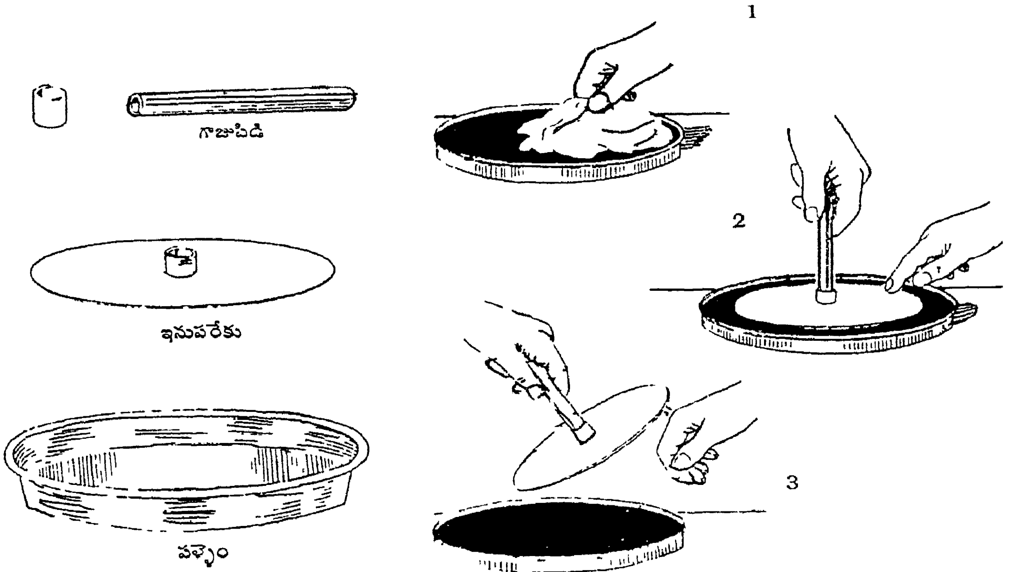
వోల్టా ఆ ప్రయత్నంలోనే ఉన్నాడు.

వోల్టా పావియా యూనివర్సిటీలో చేరి అప్పటికి మూడేళ్లే అయింది. అంతకు ముందు తన స్వస్థలమైన కోమో పట్టణంలో బడిపంతులుగా కొంతకాలం పనిచేశాడు. ఆ కాలంలో తాను స్వయంగా తయారు చేసిన విద్యుద్యంత్రాలమీద కొన్ని పరిశోధన పత్రాలు వ్రాశాడు. స్థిర విద్యుత్తును ఇంకా సులభంగా తయారు చేయడానికి "ఎలక్ట్రోఫోరస్" (Electro Phorous) అనే యంత్రాన్ని తయారు చేశాడు.

ఎలక్ట్రోఫోరస్



అలిస్సాండ్రో వోల్టా
(1745 – 1827)



ఎలక్ట్రో ఫోరస్ నిర్మాణం

దీని తయారీకి కావలసిన వస్తువులు.

1. గుండ్రని లక్క పలక
2. గాజుపిడి ఉన్న గుండ్రని ఇనుపరేకు
3. ఉన్నిబట్ట

లక్క, గుగ్గిలమూ కలిపి, పళ్లెంలో కరిగించి, గుండ్రని రొట్టెలాగ తయారు చెయ్యాలి. ఈ లక్కపలకకన్న కొంచెం చిన్న సైజులో తగరం పూసిన లోహపు రేకు కత్తిరించి, అంచులు పైకి వంచి నున్నగా చెయ్యాలి. దానికి మధ్యలో గాజు పిడి దూర్చడం కోసం చిన్న గొట్టం ముక్కను అతుకు పెట్టాలి; అందులో గాజు కడ్డీ దూర్చి, కరిగించిన లక్కపోసి గట్టి పిడి తయారు చెయ్యాలి. అంతే, ఎలక్ట్రోఫోరస్ తయారైంది.

ఉన్ని బట్టతో లక్కపలకను రుద్దాలి. తరవాత గాజుపిడితో పట్టుకుని లోహపురేకును ఆ లక్కపలకమీద పెట్టి, వేలితో ఆ రేకును ఒక్కసారి తాకి, వెంటనే రేకును బయటికి తీసెయ్యాలి. ఇప్పుడు ఆ రేకు విద్యుత్తుతో బాగా ఛార్జి అయి ఉంటుంది. చీకటిగదిలోకి తీసుకువెళ్లి చూస్తే ఆ రేకు అంచులనుంచి బచ్చలిపండురంగు వెలుగు డిశ్చార్జి కనిపిస్తుంది. దానికి దగ్గరగా పెట్టిన చేతిముణుకుల మీదికి రవ్వలు దూకుతూ కనిపిస్తాయి.

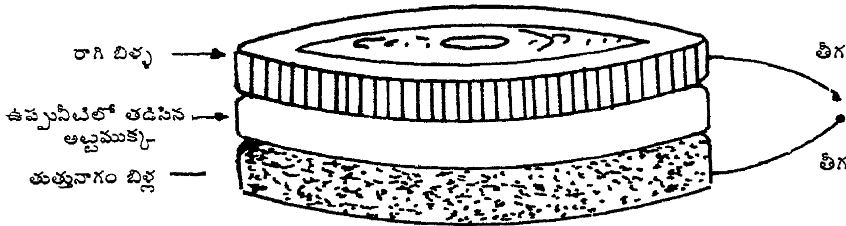
ఆ రేకు పూర్తిగా డిశ్చార్జిఅయిపోయాక (అంటే, దానిమీది స్థిరవిద్యుత్తు అంతా పోయాక) ఆ రేకుని లక్కపలకమీద పెట్టి, వేలితో ఒక్కసారి తాకి తీస్తే, అది మళ్లీ ఛార్జి అయి ఉంటుంది. ఒకసారి లక్కపలకను ఉన్నిబట్టతో రుద్దితే చాలు, దాని నుంచి ఎన్నోసార్లు లోహపురేకును మళ్లీ మళ్లీ ఛార్జి చేయవచ్చు.

నిర్జీవ పదార్థాల నుంచి విద్యుత్తు తయారీ

ప్రొఫెసర్ గాల్వనీగారి సవాలుకి సరియైన జవాబు చెప్పడం కోసం వోల్టా అహోరాత్రాలూ కృషి చేస్తున్నాడు.

ఒక రాగి బిళ్లనీ, ఒక తుత్తునాగం (Zinc) బిళ్లనీ కత్తిరించి, ఒకదానిమీద ఒకటి పెట్టేడు; ఈ విధంగా చేస్తే చాలు విద్యుత్తు ఒక లోహంలోంచి మరో లోహంలోకి ప్రవహిస్తుందని అతడు ఊహించాడు. తరువాత ఆ బిళ్లలలో ఒకదానిని గాజుకడ్డీలతో పైకెత్తి, ఎలక్ట్రోస్కోపు మీద పెట్టాడు. గాజు కడ్డీలతో ఎత్తడం ఎందుకంటే – చేతితో ముట్టుకుంటే ఆ బిళ్ల మీదికి చేరిన అల్పాల్పమైన విద్యుత్తు కాస్తా తన శరీరంలోంచి జారిపోతుంది కనుక. ఈ విధంగా అనేక పర్యాయాలు ప్రయత్నించగా ఆఖరికి ఎలక్ట్రోస్కోపులోని బంగారు రేకులు దూరంగా విడిపోయాయి. వోల్టా ముఖం విప్పారింది. అంటే తన సిద్ధాంతం రైటేనన్నమాట! రెండు విభిన్న లోహాలు కలిస్తే, జీవపదార్థంతో ప్రమేయం లేకుండా విద్యుత్తు తయారవుతుంది!

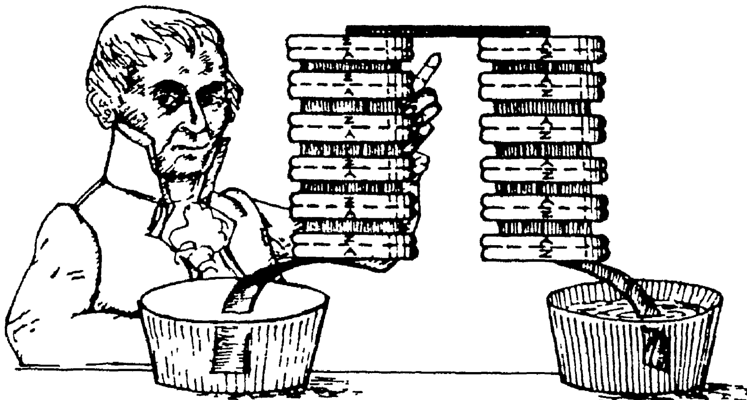
ఇది 1798 ఏప్రిల్‌లో జరిగింది. ఇది వోల్టాకి చిన్న విజయం. కాని, అతడు అంతటితో సంతృప్తి పడలేదు. విద్యుత్తును పెద్ద మోతాదులలో తయారు చేయడం ఎల్లాగ అనే సమస్యమీద అతడి దృష్టి లగ్నమై ఉంది. ఒక్క జత వేరువేరు లోహపుబిళ్లలు కలిస్తే స్వల్పంగా విద్యుత్తు పుట్టింది కనుక, ఇటువంటి జతలు చాలా తయారుచేసి, వాటి నన్నిటినీ వరుసగా కలిపితే ఎక్కువ విద్యుత్తు వస్తుంది కదా?



వోల్టాయిక్ సెల్

ఇర్వై గాజుగిన్నెలు తీసుకున్నాడు. వీటిలో స్వల్పంగా ఉప్పు కరిగిన నీళ్లు పోశాడు. ప్రతి గిన్నెలోనూ ఒక రాగిబిళ్లనూ, ఒక తుత్తునాగం బిళ్లనూ తీగలతో వేలాడదీశాడు. ఒక గిన్నెలోని రాగిబిళ్లని పక్క గిన్నెలోని తుత్తునాగం బిళ్లకి తీగతో కలిపేడు. చివరి గిన్నెలోని రాగి బిళ్లకీ, మొదటి గిన్నెలోని తుత్తునాగం బిళ్లకీ అతికించిన తీగలను దగ్గరగా తీసుకువచ్చాడు; వాటిని కలిపితే చిన్న స్పార్కు వచ్చింది!

వోల్టాయిక్ పైల్ (Voltaic Pile)



వోల్టాయిక్ పైల్

ఆ తరువాత ఒకే సైజులో రాగి, దళసరి కాగితం, తుత్తునాగం బిళ్లలు చాలా కత్తిరించి పెట్టుకున్నాడు. కాగితం ముక్కలను ఉప్పునీటితో తడిపేడు. రాగి – కాగితం – తుత్తునాగం – రాగి – కాగితం – తుత్తునాగం ...... ఈ వరుసలో ఆ బిళ్లలను ఒకదానిమీద ఒకటిపెట్టి స్తంభంలాగ తయారు చేశాడు. అట్టడుగు రాగి బిళ్లనూ, పైనున్న తుత్తునాగం బిళ్లనూ కలిపి ముట్టుకుంటే షాకు కొట్టింది!

దీనిని "వోల్టాయిక్ పైల్" (Voltaic Pile) అంటారు. నిజానికి దీనిని "వోల్టాయిక్ పిల్లర్" అనాలి; ఏమంటే, వోల్టా తన ఇటాలియన్ భాషలో దీనిని "పీలా" (Pila) అని వ్రాశాడు. ఈ మాటకు "పిల్లర్" (స్తంభం) అని అర్థం. కానీ, దానిని ఇంగ్లీషులోకి అనువదించడంలో పొరబాటున "పైల్" (పోగు) అని వ్రాశారు. ఈ తప్పు మాటే స్థిరపడిపోయింది.

ఇందులో కాగితం ముక్కలకి బదులు నీరు పీల్చుకునే మరో వస్తువు దేన్నైనా, ఉదాహరణకి తోలు ముక్కలు వాడవచ్చు.

నిజానికి వోల్టా మొట్టమొదట తోలుముక్కలనే ఉపయోగించి విద్యుత్తు తయారుచేశాడు. కానీ, తోలు కూడా జీవ సంబంధమైన పదార్థమేననీ, కనుకనే విద్యుత్తు తయారైంది అనీ, ఇది తన జీవ విద్యుత్ సిద్ధాంతాన్నే సమర్థిస్తోంది అనీ గాల్వనీ అభ్యంతరం లేవదీయడంతో – తోలుముక్కల స్థానంలో దళసరి అద్దుడు కాగితం ముక్కలను ఉపయోగించి తన సిద్ధాంతాన్ని వోల్టా సమర్థించుకోవలసి వచ్చింది.

వోల్టాయిక్ పైలులో రాగికి బదులు వెండి వాడవచ్చు. తుత్తునాగంకి బదులు తగరం వాడవచ్చు. ఈ బిళ్లల స్తంభాన్ని ఎంత పెద్దదిగానైనా నిర్మించవచ్చు. స్తంభంలోని బిళ్లల సంఖ్యను పెంచినకొద్దీ ఎక్కువ విద్యుత్తు లభిస్తుంది. లైడెన్‌జారుతో షాక్ కొట్టిస్తే, అందులో నిలువ ఉన్న విద్యుత్తు అంతా ఒక్కసారిగా ఖాళీ అయిపోతుంది. ఇంకోసారి ఉపయోగించుకోవాలంటే దానిని మళ్లీ ఛార్జి చేసుకోవలసిందే. వోల్టాయిక్ పైలుతో అయితే మళ్లీ మళ్లీ అనేక వందలసార్లు షాకులు ఇవ్వవచ్చు.

ఇంతకుముందు స్థిరవిద్యుత్తును మాత్రమే తయారు చేయగలిగేవారు. విద్యుత్తును నిరంతర ప్రవాహంగా అందివ్వగల సాధనం ఉండేది కాదు. ఈ కొరతను వోల్టాయిక్ పైల్ తీర్చింది. దీనిని కనిపెట్టడంతో విద్యుత్పరిశోధనలలో ఒక్కసారిగా పెద్దమార్పు వచ్చింది. అనేకానేక కొత్త ఆవిష్కరణలకు ఇది దారితీసింది. విద్యుత్తు కథలో ఇదొక పెద్ద మైలు రాయి అని చెప్పవచ్చు.

వోల్టాపేరు ఒక్కసారిగా ప్రపంచ ప్రసిద్ధమైపోయింది. నెపోలియన్ బోనాపార్టే వోల్టాను పారిస్‌కి ఆహ్వానించి పెద్ద ఎత్తున సన్మానించాడు. ఎన్నెన్నో బిరుదులూ, పతకాలూ లభించాయి. వీటినన్నింటినీ మించి ఆయన పేరు శాశ్వతంగా నిలిచిపోయే

ఘనసన్మానం మరొకటి జరిగింది. ఆయనపేరు మీదుగా విద్యుత్ పీడన ప్రమాణానికి "వోల్ట్" అని పేరు పెట్టేరు. విద్యుత్పీడనానికే "వోల్టేజీ" అని మరోపేరు ఉంది. దీపాలు గుడ్డిగా వెలగడమూ, ఫ్యానులు గానుగెద్దులలాగ నింపాదిగా తిరగడమూ తరచు జరుగుతూండడం చేత "వోల్టేజీ పడిపోయింది" అని రోజుకి ఒకసారి అయినా అనుకుంటూ, వోల్టాని పరోక్షంగానైనా తలుచుకోకుండా మనదేశంలో రోజు వెళ్లమారదు కదా?

గాల్వనీ ప్రతిపాదించిన జీవవిద్యుత్ సిద్ధాంతం పూర్తిగా ఓడిపోయింది. అయినాసరే విద్యుత్ పరిశోధన రంగంలో ఆయన చేసిన ప్రయోగాలు అమూల్యమైనవని వైజ్ఞానిక లోకం గుర్తించింది. విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కొలిచే పనిముట్టుకి అతడి పేరుమీదుగా "గాల్వనో మీటరు" అని పేరు పెట్టి గౌరవించారు.

వోల్టా చేసిన పొరబాటు

రెండు వేరు వేరు లోహాలను కలిపితే చాలు విద్యుత్తు పుడుతుందనీ, తన వోల్టాయిక్ పైలులో విద్యుత్తు ఈ విధంగానే తయారవుతోందనీ వోల్టా అనుకున్నాడు. రెండు వేరు వేరు లోహాలను కలిపినంత మాత్రాన పుట్టే విద్యుత్ పీడనం స్వల్పాతి స్వల్పంగా ఉంటుంది. దీనిని "సంపర్క విద్యుత్పీడనం" (Contact Potential) అనే పేరుతో ప్రస్తుతం వ్యవహరిస్తున్నారు.

నిజానికి వోల్టాయిక్ పైలులో విద్యుత్ ఈవిధంగా పుట్టడంలేదు. ఆ రెండు లోహాలమీదా వాటి మధ్యలో ఉన్న ద్రవం తాలూకు రసాయనక్రియ వల్ల విద్యుత్తు తయారవుతోంది. ఈ రహస్యం తరవాత చాలాకాలానికి అర్థమైంది.

వోల్టా 1798లో చేసిన మొదటి ప్రయోగంలో కేవలం రాగి, తుత్తునాగం బిళ్లలను మాత్రమే కలిపి, బంగారు రేకుల ఎలక్ట్రోస్కోపు సాయంతో విద్యుత్తు ఉనికిని గమనించినట్లు వ్రాశాడే అది బహుశా సంపర్క విద్యుత్తు అయి ఉంటుంది. అందులో ఆ రెండు బిళ్లల మధ్యన ద్రవం ఏదీ ఉపయోగించినట్లు చెప్పలేదు. ఆ తరువాత చేసిన ప్రయోగాలన్నిటా ఉప్పునీళ్లు ఉపయోగిస్తూనే ఉన్నాడు.

....

4 విద్యుత్తు నుంచి అయస్కాంతం

హాన్స్ క్రిస్టియన్ ఆయిర్‌స్టెడ్ (1777–1851)

కోపెన్‌హాగన్ యూనివర్సిటీలో ఫిజిక్సు విద్యార్థులకు విద్యుత్తును గురించి బోధిస్తున్నాడు ప్రొఫెసర్ ఆయిర్‌స్టెడ్. ఆయన పాఠం చెబితే అరటిపండు ఒలిచి చేతిలో పెట్టినట్లు ఉంటుందని విద్యార్థి లోకంలో మంచి పేరుంది. ఆ చెప్పడం కూడా బోర్డు మీద కేవలం బొమ్మలు వేయడంతో సరిపుచ్చక, కావలసిన సాధన సామగ్రినంతా క్లాసులోకే తీసుకువచ్చి, ప్రత్యక్షంగా ప్రయోగించేసి చూపించడం ఆయనకి అలవాటు.

వోల్టాయిక్ పైల్ నుంచి వచ్చిన విద్యుత్తుతో రవ్వలు వస్తాయని విద్యార్థులకు చూపించడం ఆయన ఉద్దేశం. "*ఈ బేటరీ తాలూకు రెండు ధ్రువాలనూ కలిపితే ఏమవుతుందో చూద్దాం*" అన్నాడు.

విద్యార్థులు బల్లచుట్టూ గుమిగూడి చూస్తున్నారు, ఏదో వింత జరుగబోతోందని. కాని, ఏమీ అవలేదు. తీగలు ఎల్లా ఉన్నవి అల్లాగే ఉండిపోయాయి.

"బేటరీ సరిగ్గా పనిచెయ్యడం లేదు కాబోలు" అని గొణుక్కున్నాడు ప్రొఫెసర్. "*లేక తీగ కొస బాగా లేదేమో!*"

ఆయన అవస్థ చూసి విద్యార్థులు ముసిముసి నవ్వులు నవ్వుకుంటున్నారు.

ఆయన కంగారుగా తీగలు అటూ ఇటూ కదిలించేడు. దగ్గరలో ఉన్న దిక్సూచి చటుక్కున పక్కకి కదిలింది.

"*అద్భుతం!*" అన్నాడు ప్రొఫెసర్ ఆశ్చర్యాన్ని ఆపుకోలేక.

విద్యార్థులు మిడుతూ మిడుతూ చూస్తున్నారు. అందులో అంత ఆశ్చర్యపడవలసినదేముందో అర్థం కాక.

ఆ రోజుకి పాఠం ఆపేశాడు ఆయిర్‌స్టెడ్. తనకి ఏకాంతం కావాలి జాగ్రత్తగా ఆలోచించుకోడానికి.

ఆ రోజున పొరబాటున లాబ్ అసిస్టెంటు బల్లమీద మిగిలిన పనిముట్లతో బాటు

దిక్సూచిని కూడా పెట్టేడు. ఆరోజున ఆయన చెప్పదలుచుకున్న విద్యుత్తు పాఠానికి దిక్సూచి అవసరం లేదు. ఆ రెండింటికీ అసలు సంబంధమే లేదు.

సంబంధం లేకపోవడమేమిటి? ఏదో బాదరాయణ సంబంధం ఉన్నట్లే తోస్తోంది. లేకపోతే తీగలకి బేటరీ కలపగానే అయస్కాంతపు ముల్లు ఎందుకు కదిలింది? బేటరీ తీసేస్తే ముల్లు మళ్లీ యథాస్థానానికి వచ్చేసింది. దిక్సూచినీ, బేటరీలనీ, తీగలనీ రకరకాలుగా మారుస్తూ ఆ రోజంతా ఏమిటేమిటో చేస్తూనే ఉన్నాడు. ఆ సంరంభంలో మధ్యాహ్న భోజనం మాటకూడా జ్ఞాపకం లేకపోయింది ఆయనకి.



హాన్స్ క్రిస్టియన్ అయిర్‌స్టెడ్
(1771 – 1851)

విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న తీగకి దగ్గరలో దిక్సూచిని ఉంచితే దాని ముల్లు తీగకి లంబంగా నిలుచుంటుంది అని అర్థమైంది. బేటరీ ధ్రువాలకు కలిపే తీగలను తారుమారుచేస్తే అయస్కాంతపు ముల్లు గిర్రున 180^0 కోణం తిరిగి, తీగకి మళ్లీ లంబంగానే నిలబడుతుంది.

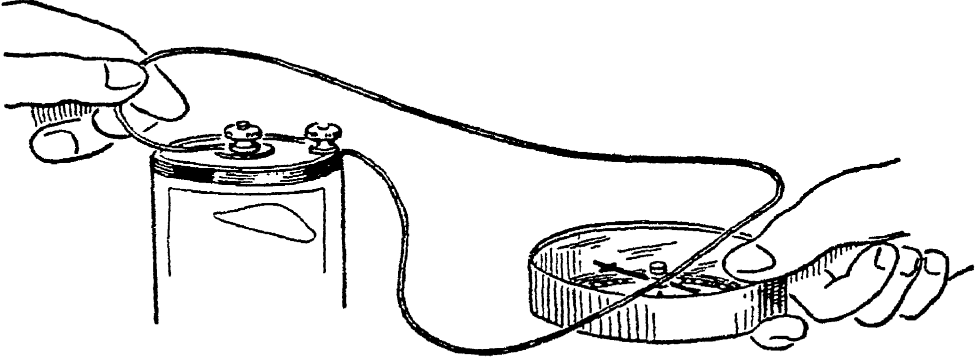
అయితే దిక్సూచిని కదిలిస్తున్న శక్తి ఏది?

అయస్కాంతాన్ని ఆకర్షించగల, లేక వికర్షించగల శక్తి మరొక అయస్కాంతానికి ఉంది అని అందరికీ తెలిసినదే కదా? అయితే ఆ రెండో అయస్కాంతం ఎక్కడ ఉంది? రాగితీగలో ఉండడానికి వీలు లేదు, ఏమంటే రాగికి అయస్కాంత ధర్మం లేదు కదా?

తీగలో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్నంతసేపూ దిక్సూచి ఆ తీగకి లంబంగా ఉంటుంది. విద్యుత్ప్రవాహాన్ని ఆపేస్తే ముల్లు యథాస్థితికి (అంటే ఉత్తర – దక్షిణాలను చూపే స్థితికి) వచ్చేస్తుంది. అంటే అర్థం ఏమిటి?

దిక్సూచిని కదిలించగల అయస్కాంత క్షేత్రం తీగలో ప్రవహిస్తున్న విద్యుత్తు

వల్లనే ఏర్పడి ఉండాలి; ఆ అయస్కాంత క్షేత్రం తీగకి లంబంగా ఉండి ఉండాలి. అందుకనే అయస్కాంతపు ముల్లు ఆ తీగకు లంబంగా నిలబడుతోంది.



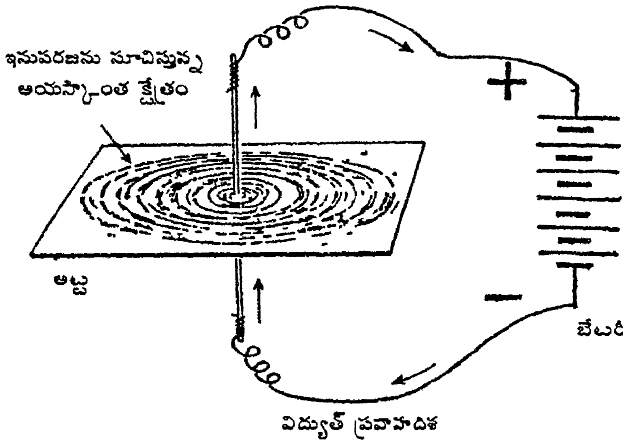
విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న తీగను దిక్సూచి దగ్గరకు తెస్తే అయస్కాంతపు ముల్లు కదులుతుందని *1819*లో అయిర్‌స్టెడ్ చేసిన ప్రయోగం.

విద్యుత్తుకీ అయస్కాంతానికీ ఏదో సంబంధం ఉంది అని కొంతకాలంగా శాస్త్రజ్ఞులు అనుమానిస్తూనే ఉన్నారు. పిడుగుపడ్డ ప్రదేశానికి సమీపంలో ఉన్న ఉక్కుముక్కలు అయస్కాంతాలుగా మారడం ఇదివరకే కొందరు గమనించారు. పిడుగు అంటే బలీయమైన విద్యుత్ప్రవాహమే కదా? పిడుగుపాటువల్ల దిక్సూచి లక్షణాలు గల్లంతు అయిపోవడం కూడా నావికులకు సుపరిచితమే.

లైడెన్ జార్‌లోని విద్యుత్తు డిశ్చార్జి అయినప్పుడు కూడా దగ్గరలో ఉన్న దిక్సూచి పాడవడమూ, మామూలు ఉక్కుముక్కలు అయస్కాంతాలుగా మారడమూ కొందరు కనిపెట్టేరు. కాని ఫలితాలు గజిబిజిగా ఉండేవి.

తొలి రోజులలో తయారు చేసిన వోల్టాయిక్ బేటరీలకు బలం చాలకపోవడంచేత విద్యుత్ ప్రవాహానికీ అయస్కాంతానికీ గల పరస్పర సంబంధం ఇదివరలో సరిగ్గా తెలియలేదు.

ఇప్పుడు ఆయిర్‌స్టెడ్ అసలు రహస్యాన్ని తెలుసుకున్నాడు. అది 1820 జూలై 21వ తేదీ. అప్పటికి ఆరేళ్లనుంచి ఆయన ఈ సమస్యని గురించి ఆలోచిస్తూనే ఉన్నాడు. కానీ, దిక్సూచిని కదిలించగల శక్తిమంతమైన బేటరీ అందుబాటులో లేకపోయింది. పైగా అయస్కాంత సూచి విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న తీగకు సమాంతరంగా



ఉండాలి అని ఒక తప్పుడు ఊహలో పడి ఉండడం కూడా ఈ సంబంధం సరిగ్గా అర్థం కాకపోవడానికి మరో కారణం. మొత్తంమీద అసలు రహస్యం తెలియడానికి ఇంతకాలం పట్టింది.

ఆంద్రే మేరీ ఏంపియర్ (1775–1836)

ఆయిర్‌స్టెడ్ కనిపెట్టిన ఈ కొత్త సంగతి పారిస్ చేరడానికి రెండు నెలలు పట్టింది. అప్పటికింకా టెలిగ్రాఫు రాలేదు. డేనిష్ శాస్త్రజ్ఞుడు ఆయిర్‌స్టెడ్ కనిపెట్టిన ఈ విషయాన్నే ఆధారం చేసుకుని మరో 20 ఏళ్ల తరవాతగాని తీగలద్వారా వార్తా ప్రసారపద్ధతి కనిపెట్టబడలేదు. ఉత్తరాలు ఆ కాలంలో బహు నెమ్మదిగా బట్వాడా అయేవి.

పారిస్‌లో "ఫ్రెంచి అకాడమీ ఆఫ్ సైన్సెస్" ప్రతి సోమవారమూ సమావేశం అయేది. ఆ అకాడమీ శాశ్వత కార్యదర్శిగాఉన్న ఫ్రాంకోయిస్ అరాగో ఈ కొత్త ఆవిష్కరణను గురించి ఆనాడు చాలా అట్టహాసంగా ఉపన్యసించాడు. "యుగయుగాలుగా తత్త్వవేత్తలను ఇబ్బందిపెడుతున్న రహస్యం పొగమంచులా విడిపోయింది. కోపెన్‌హాగన్ మహర్షి గారి మేధస్సుకి అయస్కాంత సూచీ, వోల్టాయిక్ బేటరీశక్తి తోడై ...."

ఆనాటి అకాడమీ మీటింగులో కూర్చుని ఆయిర్‌స్టెడ్ చేసిన ప్రయోగ వివరాలు బహుశ్రద్ధగా వింటున్న ప్రొఫెసర్ ఏంపియర్ చటుక్కున లేచి బయటికి వెళ్లిపోయాడు, ఆ తరవాత చర్చించబోయే ఇలాస్టిక్ ప్లేటులు, చైనాలో కృత్రిమ పుష్పాలు వగైరాల సంగతి పట్టించుకోకుండా. ఆయన దీర్ఘాలోచనలో మునిగి పరాగ్గా నడుస్తున్నాడు.

ఎటువైపుగా పోతున్నాడో తనకే తెలిసినట్లు లేదు. కళ్లు తెరుచుకునే ఉన్నాయి కానీ వాటికి ఎదుటి వస్తువుల గుర్తింపు లేదు. ఆయిర్‌స్టెడ్ పరిశోధనను గురించి విన్నప్పటినుంచీ ఆయన మనస్సు అంతా అల్లకల్లోలంగా ఉంది.

తీగలోని విద్యుత్ప్రవాహం దిక్సూచిని కదిలించింది కదూ? ఆ కదిలించినది అయస్కాంత బలమే అనడానికి సందేహం లేదు .... అయితే అయస్కాంత క్షేత్రం ఏ దిశలో ఉంటుంది? తీగకి పైన ఈ బలం ఒక దిశలో ఉంటే, తీగ కింద మరో దిశలో ఉంటుందేమో? ఈ బలం ఏ ప్రమాణంలో ఉంటుంది?.... ఏమిటో సరిగ్గా అర్థం కావడం లేదు ..... ఇంత ఆలోచన ఎందుకూ, ప్రయోగం చేసి చూస్తే తేలిపోతుంది కదా? ఏముందీ? దిక్సూచికిపైన ఒక తీగ, కింద మరొక తీగ పెట్టడం. రెండు తీగల్లోనూ వేరువేరుగా విద్యుత్తు ప్రవహింప చేయడం. ఈ రెండు తీగల తాలూకు అయస్కాంత క్షేత్రాలు కలిసి దిక్సూచిని రెట్టింపు బలంతో కదిలిస్తాయా? లేదా రెండూ ఒకదానికొకటి చెల్లు అయిపోతాయా?... అది విద్యుత్తులు ప్రవహించే దిశలను బట్టి ఉంటుంది అని తోస్తోంది. రెండు ప్రవాహాలూ ఒకే దిశలో ఉంటే ఒకదానికొకటి చెల్లు, వ్యతిరేకదిశలలో ఉంటే రెట్టింపు.... అవును, అంతే అయి ఉండాలి. అవునో కాదో చేసి చూస్తే క్షణంలో తేలిపోతుంది కదా?... అవునుగానీ, తీగలోని విద్యుత్తు దూరంగాఉన్న అయస్కాంతం మీద పని చేసింది. మరి విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న తీగమీద అయస్కాంతం కూడా అదేవిధమైన శక్తిని ప్రయోగిస్తుందా? న్యూటన్‌గారి మూడవ సూత్రం ప్రకారం అల్లాగ జరిగి తీరాలి.... ఆగాగు .... మధ్యలో ఉన్న దిక్సూచిని తీసేసి, రెండు తీగలను మాత్రమే దగ్గరగా ఉంచి, వాటిలో వేరువేరుగా విద్యుత్తు ప్రవహింపజేస్తే ఏమవుతుంది? ఒకదాన్ని ఒకటి తోసుకుంటాయా? ఏ దిశలో? ఎంత బలంగా? ఇంకా ఆలస్యందేనికి? చేసి చూడవలసిందే.

ఏంపియర్‌కి హఠాత్తుగా మెళకువవచ్చి, ఇహలోకంలోపడి, ఇప్పుడు తాను ఎక్కడ ఉన్నానని పరిసరాలు పరికించాడు. ఆ వీధి ఎప్పుడో చూసినట్లే ఉంది. ఆ ఎదర ఉన్న బిల్డింగు తనకి పరిచితమైనట్లే తోచింది... పరిచితం ఏమిటీ? అది యూనివర్సిటీ బిల్డింగే కదూ? తాను ఇక్కడికి ఎల్లా చేరుకున్నానా అని ఆశ్చర్యపడుతూ, అంగలూపంగలూ వేసుకుంటూ, తన లేబరేటరీకి వెళ్లేడు. లోపల గడియపెట్టేసుకున్నాడు. వాళ్లూ వీళ్లూ తొంగిచూస్తే తనకి ఇష్టం ఉండదు. అసలు తనకి ఈ పారిస్సే ఇష్టం లేదు. ఇంతకన్న లయన్స్ లక్షరెట్లు నయం. కాని తనకి ఉద్యోగం ఇక్కడామ రి.

ఆంద్రే ఏంపియర్‌కి చిన్నతనం అంతా పోలెమీ అనే పల్లెటూళ్లో గడిచింది. చిన్నతనంలోనే పెద్ద పెద్ద లెక్కలు నోటితో చేసి అందరినీ ఆశ్చర్యపరిచేవాడు.13వ ఏడు వచ్చేసరికి ఎన్‌సైక్లోపీడియా ఇరవై వాల్యూములూ చదివేశాడు. అప్పుడు చదివిన

అందులోని విషయాలు మరో 40ఏళ్ల తరవాత కూడా తిరిగి చెప్పగల జ్ఞాపకశక్తి అతడిది. స్కూలుకి వెళ్లకుండా ఇంటిదగ్గరే ఉండి అవీ ఇవీ చదువుకున్నాడు. వాళ్ల నాన్న అప్పుడప్పుడు పిల్లవాణ్ణి లయన్స్‌లో ఉన్న పెద్ద లైబ్రరీకి తీసుకువెళ్లేవాడు. గణితం మీద ప్రత్యేక ఆసక్తి ఉండడంచేత బెర్నొవులీ, ఆయిలర్ వంటి ఉద్దండులు వ్రాసిన పుస్తకాలు కావాలని అడుగుతున్న అర్భకంగా ఉన్న 15 ఏళ్ల ఆంద్రేని ఎగాదిగాచూసి, లైబ్రేరియన్ అన్నాడు.

"బెర్నొవులీ, ఆయిలర్ నీకు అర్థం అవుతాయనే అడుగుతున్నావా? పెద్ద పెద్ద లెక్కల పండితులకే అవి కొరుకుడు పడవు తెలుసా?"

"ప్రయత్నిస్తానండి" అన్నాడు ఆంద్రే.

"అవి లాటిన్ భాషలో ఉన్నాయని నీకు తెలియదేమో" అని మరో అస్త్రం ప్రయోగించాడు ముసలి లైబ్రేరియన్.

ఏంపియర్ నిరుత్సాహపడిపోయాడు. మూడునెలలపాటు అహోరాత్రాలూ లాటిన్‌భాషలో కృషి చేసి, ఆ అడ్డంకిని కూడా అధిగమించి, మళ్లీ వచ్చాడు ఆ పుస్తకాల కోసం.

ఆంద్రేకి 18 ఏళ్లు వచ్చేసరికి ఫ్రెంచి విప్లవం మొదలైంది. అతడి తండ్రిని విప్లవకారులు అరెస్టుచేశారు, "అరిస్టోక్రాట్" అని నేరంమోపి. డాక్టర్ గిలొటిన్ కనిపెట్టిన కొత్తసాధనంతో అతడి తల కొట్టేశారు విచారణ కూడా లేకుండానే.

ఆంద్రేకి దానితో మతిపోయినట్లైంది. ఆ దెబ్బనుంచి తేరుకోడానికి అతడికి చాలాకాలం పట్టింది. కాని ఆ సంఘటనవల్ల కలిగిన క్రుంగతీత (Depression) అతణ్ణి ఆజన్మాంతమూ పీడిస్తూనే ఉంది.

కొన్నాళ్లు లెక్కల ట్యూషన్లు చెప్పుకుని బ్రతికేడు. "సంభావ్యతావాదం" (Theory of Probability) మీద ఆరోజుల్లో అతడు వ్రాసిన పుస్తకానికి మంచి పేరు వచ్చింది. దానిని చూసి, పారిస్‌లోని పోలిటెక్నిక్ స్కూలులో ఉద్యోగం ఇచ్చారు. తరవాత అకాడమీ ఆఫ్ సైన్సెస్ సభ్యుడిగా ఎన్నిక అయాడు. తరవాత యూనివర్సిటీలో ప్రొఫెసరు అయాడు.

అతడి పాతఫేషను దుస్తులు, పల్లెటూరి వాలకము, ఎప్పుడూ పరాగ్గా ఉండడమూ చూసి విద్యార్థులు గేలి చేసేవారు; తోటి ఉపాధ్యాయులు నవ్వుకునేవారు. కట్టె విరిచి పొయ్యిలో పెట్టినట్లు అతడు మాట్లాడే తీరుకి అందరూ కోపగించుకునేవారు. ఆఖరికి అతడికి నా అన్నవాళ్లు లేకుండా పోయారు.

అతడు వేలు పెట్టని శాస్త్రాలు లేవు. గణితం, భాషాశాస్త్రం, బోటనీ, కెమిస్ట్రీ, ఫిలాసఫీ, ఎలక్ట్రిసిటీ, కవిత్వం, సైకాలజీ, ఎనాటమీ.... వగైరాలలో కొంతకాలంపాటు

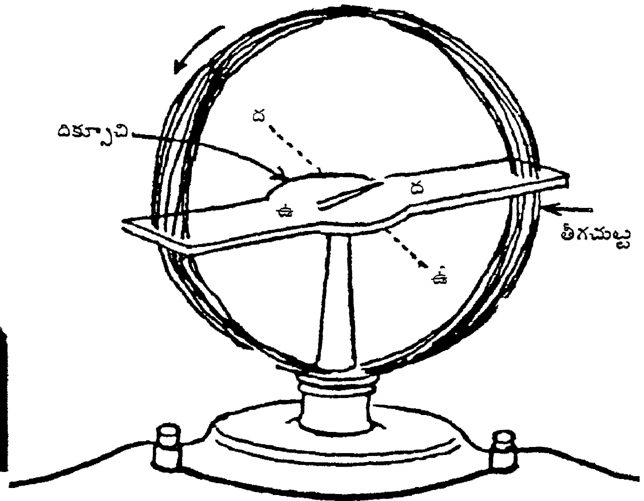
తీవ్రమైన కృషి చేయడమూ, మంచిపేరు రాబోతున్న స్థితిలో దానిని వదిలేసి హఠాత్తుగా మరోశాస్త్రంలోకి పోవడమూ అతడికి పరిపాటి. దేనిలోనూ అతడికి స్థిరం లేదు. అతడు పట్టుమని నాలుగేళ్లు కృషి చేసినది ఒక్క విద్యుత్ శాస్త్రంలోనే. దానికే అతడి పేరు విశ్వవిఖ్యాతమైపోయింది. ఏంపియర్ అనేమాట విద్యుత్ప్రవాహానికి ప్రమాణంగా ప్రజల నాలుకలమీద శాశ్వతంగా నిలిచిపోయింది.

ఆయిర్‌స్టెడ్ పరిశోధనలను గురించిన వార్తలు అతడి మనస్సులో ఏమూలనో నిద్రాణమై ఉన్న శక్తిని తట్టిలేపేయి. వెంటనే పరిశోధనకి పూనుకున్నాడు. తనకి గల గణితశాస్త్ర ప్రావీణ్యమూ, ప్రయోగకౌశలమూ కలబోసి, నెల్లాళ్లల్లో నాలుగు పరిశోధన పత్రాలు వ్రాసి పారిస్ అకాడమీ మీటింగులలో వారానికి ఒకటి చొప్పున చదివి, ప్రచురించాడు. అవి విద్యుత్ గతిశాస్త్రానికి (Electro Dynamics) పునాదిరాళ్లుగా నిలిచిపోయాయి.

విద్యుత్ పీడనము (Potentia), విద్యుత్ ప్రవాహము (Current) అనేవి రెండు వేరు



ఆంద్రే మేరీ ఏంపియర్
(1775 - 1836)



గాల్వనోమీటరు

వేరు విషయాలనీ, వాటికి గల భేదాన్నీ సంబంధాన్నీ అర్థం చేసుకోవడం అవసరమనీ సూచించాడు. బంగారురేకుల ఎలక్ట్రోస్కోపు విద్యుత్‌పీడనాన్ని సూచిస్తుంది. విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కొలిచే సాధనం అప్పటికింకా కనిపెట్టబడలేదు. దానిని ఏంపియర్ నిర్మించి చూపించాడు. ఆయిర్‌స్టెడ్ ప్రయోగంలో అయస్కాంత సూచి కదిలిన కోణమే తీగలోని విద్యుత్ ప్రవాహానికి కొలమానం అవుతుందని ఇతడు రుజువు చేశాడు. తాను కనిపెట్టిన

విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కొలిచే పనిముట్టుకి ప్రసిద్ధ పరిశోధకుడు గాల్వనీ పేరుమీదుగా "గాల్వనోమీటరు" అని పేరు పెట్టాలని సూచించాడు. దానిని ఆపేరుతోనే ఈనాటికీ మనం వాడుకుంటున్నాం.

ఏంపియర్ సూత్రం

తిన్నని రెండు రాగితీగలు తీసుకుని, ఒకదానికొకటి సమాంతరంగా ఉంచాడు ఏంపియర్. ఒకదానిని స్థిరంగానూ, రెండవ దానిని కదలడానికి వీలుగానూ అమర్చాడు. రెండింటినీ చెరొక వోల్టాయిక్ బేటరీకి కలిపేడు. రెండు విద్యుత్ ప్రవాహాలూ ఒకే దిశలో ఉంటే ఆ తీగలు ఆకర్షించుకున్నాయి; వ్యతిరేక దిశలలో ఉంటే వికర్షించుకున్నాయి.

అయితే తీగలో ప్రవహిస్తున్న విద్యుత్తు దగ్గరలో ఉన్న అయస్కాంతం మీద ఎంత బలాన్ని ప్రయోగిస్తుంది? దీనినే మరోలాగ చెప్పాలంటే ఎంత బలంతో ఆకర్షిస్తుంది? లేదా వికర్షిస్తుంది? అని ఏంపియర్ ఆలోచించాడు.

అంతవరకూ విద్యుత్తు విషయంలో ఈ రకమైన కొలతలు ఎవ్వరూ చెయ్యలేదు. ఫలానా వస్తువులో విద్యుత్తు ఉందా, లేదా అనే ప్రశ్నే కాని, ఎంత ఉంది అన్న ప్రశ్నకి సమాధానం తెలియదు. కొలత అనేది మొదలుపెడితేగాని ఏ శాస్త్రమూ పురోగమించదు. విద్యుద్రంగంలో ఈ పని చేసినవాడు ఏంపియర్. దానికి ప్రయోగమూ, గణితమూ ముఖ్యసాధనాలుగా వాడుకున్నాడు.

ఆకర్షణ లేదా వికర్షణ అనేది తీగపొడవుమీద, తీగలో ప్రవహించే విద్యుత్తు బలంమీద, సూచియొక్క అయస్కాంత బలం మీద, సూచినుంచి తీగకి ఉన్న దూరంమీద ఆధారపడి ఉంటుందని అనేక ప్రయోగాలవల్ల గ్రహించి, ఆ సంబంధాన్ని సంగ్రహంగా ఇల్లా వ్రాశాడు.

$$F = M I L \div D^2$$

ఇందులో F = ఆకర్షణ బలం (లేక వికర్షణబల)

M = సూచియొక్క అయస్కాంతబలం

I = తీగలోని విద్యుత్ ప్రవాహబలం

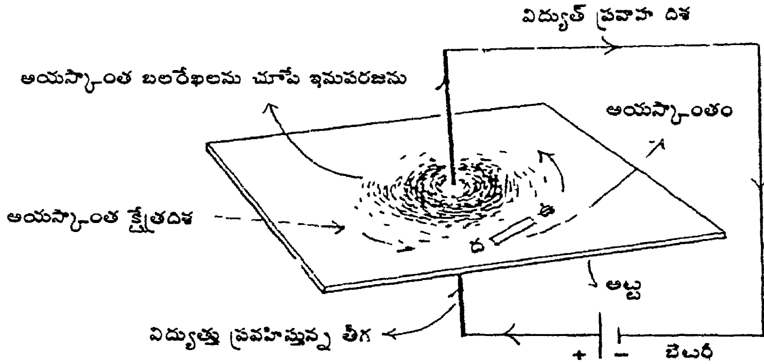
L = తీగ పొడవు

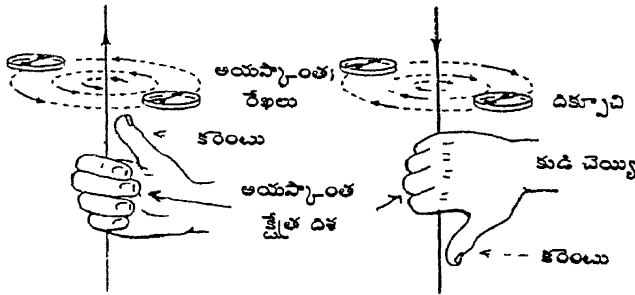
D = తీగకీ, అయస్కాంత సూచికీ మధ్యగల దూరం.

దీనినే ఏంపియర్ సూత్రం అంటారు.

ఈ సూత్రాన్ని ఉపయోగించి విద్యుత్ప్రవాహబలాన్ని ఎల్లా కొలవవచ్చునో ఇతడు చూపించాడు మొట్టమొదటిసారి. విద్యుత్‌శాస్త్రంలో అతి ముఖ్యమైన సూత్రం ఇది.

అయస్కాంత క్షేత్రం ఏ దిశలో ఏర్పడుతుంది?





కుడిచేతి వాటపు ఏంపియర్ సూత్రం

సాచిన నీ కుడిచేతి బొటన వేలు విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను సూచిస్తూ ఉంటే, ముడుచుకున్న తక్కిన నాలుగు వేళ్ళూ అయస్కాంత క్షేత్ర దిశలో వంగి ఉంటాయి.

తీగలో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తూ ఉంటే ఆ తీగచుట్టూ అయస్కాంతక్షేత్రం ఏర్పడుతుందని ఆయిర్‌స్టెడ్ కనుక్కున్నాడు. ఆ అయస్కాంతక్షేత్ర దిశని ఏంపియర్ నిర్ణయించాడు.

అట్ట మధ్యలోనుంచి ఒక తీగనుదూర్చి, ఆ తీగ కొసలను వోల్టాబేటరీ ధ్రువాలకు కలిపితే, ఆ తీగలో ధనధ్రువంనుంచి రుణధ్రువం వైపుగా విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. అట్టమీద ఇనుపరజను చల్లితే అది తీగచుట్టూ వలయాలుగా సర్దుకుంటుంది. అంటే తీగలోని విద్యుత్ప్రవాహంవల్ల ఏర్పడ్డ అయస్కాంతక్షేత్రం – తీగను కేంద్రంగా చేసుకొని వలయాకారంలో ఉంటుంది అన్నమాట. అట్టమీద దిక్సూచిని ఉంచితే అయస్కాంతక్షేత్ర దిశ – అంటే ఉత్తర దక్షిణ ధ్రువాలు ఎటువైపు తిరిగి ఉంటాయో – తెలుస్తుంది.

తీగలో విద్యుత్తు ప్రవహించే దిశకీ, తీగచుట్టూ వలయాలుగా ఏర్పడ్డ అయస్కాంతక్షేత్రదిశకీ గల సంబంధాన్ని బొమ్మలో చూపిన "కుడిచేతివాటపు ఏంపియర్ సూత్రం" (Ampere's Right-Hand Rule) తెలియజేస్తుంది. నీ కుడిచేతితో తీగను పట్టుకుని విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్నదిశలో బొటనవేలును సాచితే, మిగిలిన నాలుగువేళ్లూ తీగచుట్టూ వంపుతిరిగిన దిశలో అయస్కాంతక్షేత్ర రేఖలు ఉంటాయని ఈ సూత్రం చెబుతోంది.

1820లో వ్రాసిన ఒక పేపరులో తీగలద్వారా వార్తా ప్రసారం చేసే టెలిగ్రాఫు పద్ధతిని ఏంపియర్ సూచించాడు. విద్యుత్తును తీగ ద్వారా పంపించి, తీగకి అవతలికొస దగ్గర అయస్కాంతాన్ని సృష్టించి దిక్సూచిని కదిలించడంద్వారా వార్తలు పంపించవచ్చునని ఏంపియర్ సూచించాడు. రోమను లిపిలోని 26 అక్షరాలకూ వేరువేరుగా 26 తీగలు వెయ్యాలి. ఒక్కొక్క తీగ ఒక్కొక్క అయస్కాంతసూచిని కదిలిస్తుంది. ఏ అక్షరానికి సంబంధించిన తీగ చివర సూచి కదిలిందో గమనించి, గ్రాహకుడు (Receiver) ఆ అక్షరాన్ని నోట్ చేసుకుంటాడు *.

ఈవిధంగా వార్తలు పంపడం సాధ్యమేనని ఏంపియర్ ప్రతిపాదించాడేకాని, అటువంటి పనిముట్టును నిర్మించే ప్రయత్నం చెయ్యలేదు. ఏదో ఉపయోగాన్ని ఆశించి పనిముట్లను తయారుచేయడం ఏంపియర్‌కి ఇష్టంలేదు. విద్యుత్తు లక్షణాలను తెలుసుకోడానికి ఎన్నెన్నో పనిముట్లను నిర్మించాడుకదా అంటే అది వేరు. సిద్ధాంత నిరూపణకైతే ఎంత శ్రమ అయినాపడతాడు. అసలు విద్యుత్తు టెలిగ్రఫీకి ఉపయోగించవచ్చునని ఏదో పరిశోధన పత్రంలో అతడు వ్రాయడమే ఆశ్చర్యం.

అంతలో హఠాత్తుగా ఏంపియర్‌కి విద్యుత్తుమీద ఆసక్తి పోయింది. వేదాంతంలో పడ్డాడు. తరువాత కొంతకాలానికి "సైన్స్ ఎన్‌సైక్లోపీడియా" (శాస్త్ర విజ్ఞాన సర్వస్వం) తయారుచెయ్యడం మొదలుపెట్టేడు. అప్పటికే సైన్సు శాఖోపశాఖలుగా చీలి ఎంతగా అభివృద్ధి అయిందంటే, ఆ విజ్ఞాన సర్వస్వ నిర్వహణం ఒక్కడివల్ల అయే పనికాదు.

ఆ తరవాత జబ్బుపడ్డాడు. 1836లో మార్సేల్‌లో చనిపోయాడు.

....

* ఎలక్ట్రిక్ టెలిగ్రాఫును గురించి ఇంకా వివరంగా తెలుసుకోదలచినవారు నా "టెలిగ్రాఫు కథ" చూడవచ్చు.

5 విద్యుత్తు కొలిచిన విద్యుత్తు

స్థిరవిద్యుత్తును తయారుచేయడం చాలా సులభం. దువ్వెనతో తలదువ్వుకుంటే చాలు విద్యుత్తు తయారవుతుంది. అయితే ఇది వోల్టా బేటరీలోని విద్యుత్తులాగ ప్రవహించదు. పుట్టినచోటనే స్థిరంగా ఉంటుంది. మహా అయితే ఒక్క గంతువేసి, స్పార్క్ రూపంలో మెరిసి, మాయమైపోతుంది. ఏ వస్తువు మీదనైనా అటువంటి స్థిరవిద్యుత్తు ఉన్నదీ లేనిదీ ఎలక్ట్రోస్కోపు సాయంతో తెలుసుకోవచ్చు. అంతవరకే.

ఒక వస్తువుమీద స్థిరవిద్యుత్తు ఎంత ఉందో తెలుసుకోడానికి కొన్ని ప్రయత్నాలు జరిగేయి ఇదివరలో. ఆ ప్రయత్నంలో రిచ్‌మన్ చనిపోయాడు.

"*నువ్వు మాట్లాడుతున్న దినుసును, లేదా లక్షణాన్ని కొలిచి అంకెలతో సూచించగలిగేవంటే దానిని-గురించి నీకు బాగానే తెలుసునని అర్థం; కొలవలేక పోతే దానిని గురించిన నీ పరిజ్ఞానం బహుస్వల్పం అన్నమాట*". అన్నాడు ప్రఖ్యాత బ్రిటిష్ శాస్త్రజ్ఞుడు లార్డ్ కెల్విన్.

దీనినిబట్టి ఏంపియర్‌వంటి పరిశోధకుల కృషి ఎంత మహత్తరమైనదో తెలుస్తోంది. విద్యుద్రంగంలో ఇటువంటి కృషి చేసిన కూలంబ్, ఓమ్, కేవెండిష్‌ల పరిశోధనలను గురించి ఈ ప్రకరణంలో తెలుసుకుందాం.

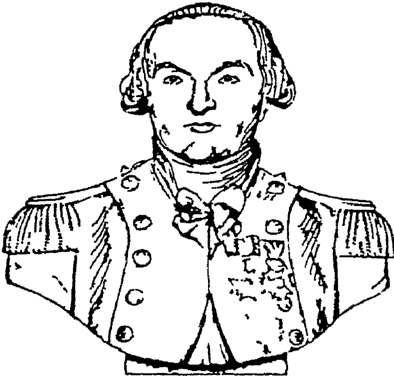
చార్ల్స్ అగస్టిన్ కూలంబ్ (1736–1806)

బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్ కాలంలో స్థిరవిద్యుత్తును తయారు చేయడమూ, మెరుపు మేఘాలనుంచి గాలిపడగల ద్వారానూ పిడుగు చువ్వలద్వారానూ విద్యుత్తును ఆకర్షించడమూ తెలుసునేగాని, ఆ విద్యుత్తు ఏపాటి ఉందో కొలవగల సామర్థ్యం అలవడలేదు. విద్యుత్తు కలిగిన వస్తువులు తటస్థ వస్తువులను ఆకర్షిస్తాయని తెలుసు. సజాతి విద్యుత్తులు వికర్షించుకుంటాయనీ, విజాతి వస్తువులు ఆకర్షించుకుంటాయనీ కూడా తెలుసు.

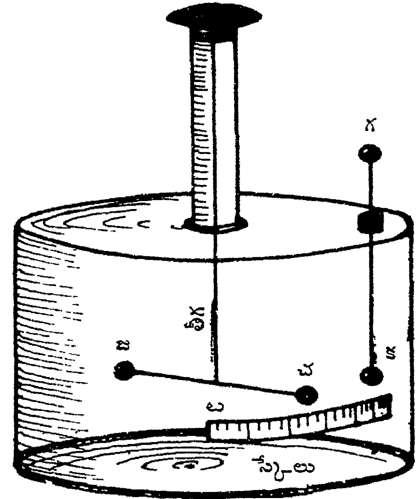
ఈ వికర్షణశక్తిని ఉపయోగించి విద్యుత్తు పరిమాణాన్ని కొలవడానికి ప్రయత్నించినవారిలో ఎబ్బేనోలే, అలిస్సాండ్రో వోల్టాలు ప్రముఖులు. ఎండుగడ్డి పరకలతో ఎలక్ట్రోస్కోపు తయారుచేసి, ఆ పరకలు వికర్షించుకున్నప్పుడు వాటి

మధ్యకోణాన్ని కొలవడానికి వోల్టా ప్రయత్నించాడు కానీ ఆ కొలతలు సంతృప్తికరంగా లేవు.

ఈ కొలతని మొట్టమొదటిసారి విజయవంతంగా సాధించినవాడు కల్నల్ చార్ల్స్ అగస్టిన్ కూలంబ్ అనే ఫ్రెంచి ఆర్మీ ఇంజనీరు. స్థిర విద్యుత్తులకిగల ఆకర్షణ (లేక వికర్షణ) శక్తిని ఉపయోగించుకుని పనిచేసే సున్నితమైన "మెలితక్కెడ" (Torsion Balance) తయారు చేశాడు ఈయన.



చార్ల్స్ అగస్టిన్ కూలంబ్
(1736 – 1806)



కూలంబ్ నిర్మించిన "మెలితక్కెడ"

"చ – జ" అనే అడ్డ ఊచను తలవెంట్రుక కన్న సన్నని "ట – డ" అనే తీగతో వేలాడదీసి, "డ" అనే పైకొనను కదలకుండా స్థిరంగా బిగించి ఉంచాలి. "క – గ" అనే నిలువు ఊచకు అజ్ఞాత విద్యుత్తుగల వస్తువును ముట్టించాలి. అప్పుడు విద్యుత్తు కలిగిన "క" విద్యుత్తులేని "చ" ని ఆకర్షిస్తుంది. "చ" కదిలి "క" వైపుగా వస్తుంది. అందువల్ల "ట–డ" అనే నిలువుతీగ మెలి తిరుగుతుంది. మెలితిరిగిన తీగ మళ్లీ యధాస్థితికి రావడానికి ప్రయత్నిస్తుంది. కనుక తీగలోని మెలి విద్యుత్తువల్ల ఏర్పడ్డ ఆకర్షణని నిరోధిస్తుంది. కనుక "చ" అనే కొన "క" వైపుగా కొంతదూరం కదిలి ఆగిపోతుంది. ఎంతదూరం కదిలిందో స్కేలు చూపిస్తుంది. స్కేలుమీద కదిలిన దూరం "క – చ" ల మధ్యగల ఆకర్షణబలాన్ని – తద్వారా "క" మీద ఉన్న స్థిరవిద్యుత్తు ప్రమాణాన్ని సూచిస్తుంది.

గాలికెరటాలవల్ల కదిలిపోకుండా దీనినంతటినీ గాజుపెట్టెలో మూసి ఉంచుతారు.

"ట – డ" అనే నిలువు తీగను ఎంత సూక్ష్మంగా తయారుచేస్తే అంత సున్నితమైన మెలితక్కెడ తయారవుతుంది; అంత అల్పమైన స్థిరవిద్యుత్తును కొలవగలుగుతుంది.

ఈ మెలితక్కెడనుపయోగించి, "క – చ" ల మధ్యదూరాన్ని మారుస్తూ, "క" మీద "చ" మీద ఉన్న విద్యుత్తులను మారుస్తూ, వాటి మధ్య గల ఆకర్షణ లేక వికర్షణ బలాన్ని కొలిచి, కూలంబ్ తెలుసుకున్నదేమిటంటే; "క – చ" ల మధ్య ఆకర్షణ (లేక వికర్షణ) బలం

$$= \frac{\text{"క" మీది విద్యుత్తు X "చ" మీది విద్యుత్తు}}{\text{"క – చ" ల మధ్యదూరపు వర్గం}} = \frac{Q_1 \times Q_2}{D^2}$$

దీనిని "విలోమ వర్గ సూత్రం" (Inverse Square Law) అంటారు.

కూలంబ్ తన మెలితక్కెడలో విద్యుత్తుకి బదులు అయస్కాంతాలను క, చ అనే చోట్ల పెట్టి, వాటి మధ్యగల ఆకర్షణ (లేక వికర్షణ) బలాలను ఇదే విధంగా కొలిచి, ఇది కూడా అచ్చంగా పైన చెప్పిన విలోమ వర్గ సూత్రాన్నే అనుసరిస్తుందని తెలుసుకున్నాడు.

ఇది కూలంబ్ సూత్రంగా ప్రసిద్ధమైంది.

సుమారు ఒక శతాబ్దం క్రితం సరిగ్గా ఇటువంటి సూత్రాన్నే గురుత్వాకర్షణబలం (**Gravitational Force**) విషయంలో న్యూటన్ కనుక్కున్నాడు గురుత్వబలం, విద్యుత్ బలం, అయస్కాంత బలం – ఈ మూడూ కూడా ఒకే రకమైన విలోమ వర్గ సూత్రాన్నే అనుసరించడం ఆశ్చర్యం కలిగించింది.

విద్యుత్, అయస్కాంతబలముల మీద కూలంబ్ చేసిన విస్తారమైన పరిశోధనలను మెచ్చుకుని, విద్యుత్ ఛార్జి ప్రమాణానికి "కూలంబ్" అని పేరుపెట్టి, వైజ్ఞానికలోకం ఆయనను గౌరవించింది.

గాలిపంపులమీద, గాలిమిల్లులమీద, వాస్తుశాస్త్రంమీద కూలంబ్ చేసిన కృషిని మెచ్చుకుని, ఫ్రెంచి ప్రభుత్వం ఆయనని "క్యూరేటరు" (Curator of Plans and relief maps of the military staff of France)గా నియమించింది. ఆయన ఇంకా ఇంకా ఉన్నతస్థితికి వెళ్ళగలిగేవాడే కానీ అంతలో ఫ్రెంచి విప్లవం మొదలైంది. తాను దొరికితే తల తీసేస్తారని భయపడి కూలంబ్ మాయమైపోయాడు. పరిస్థితులు చక్కబడ్డాక మళ్లీ బయటికి వచ్చాడు. నెపోలియన్ బోనాపార్టే ఆయనని చాలా గౌరవించాడు. ఫ్రెంచి అకాడమీ ఆయనని సభ్యునిగా ఎన్నుకుంది.

చిత్రం ఏమిటంటే ఈ కూలంబ్ సూత్రాన్ని ఇంతకుముందే హెన్రీ కేవెండిష్ అనే ప్రఖ్యాత బ్రిటిష్ శాస్త్రజ్ఞుడు కనిపెట్టి, తన నోటుపుస్తకంలో వ్రాసుకున్నాడు కానీ ప్రచురించలేదు. కనుక ఆ సంగతి లోకానికి తెలియదు. ఆయన చనిపోయిన వంద ఏళ్ల తరవాత ఆ నోటు పుస్తకాలు వెలుగులోకి వచ్చి, ఇటువంటి అద్భుతవిషయాలెన్నో బయట పడ్డాయి. కేవెండిష్‌కి దక్కవలసిన కీర్తి కూలంబ్‌కి దక్కింది.

ఆయిర్‌స్టెడ్, ఏంపియర్‌లు విద్యుత్-అయస్కాంత బలముల పరస్పర సంబంధాలమీద చేసిన పరిశోధనలు వినకుండానే, 1806లో తన 70వ ఏట కూలంబ్ కన్నుమూశాడు.

విద్యుత్ప్రవాహాన్ని కొలవడంలో ఏంపియర్ సాధించిన విజయాన్ని గురించి 4వ ప్రకరణంలో తెలుసుకున్నాం.

జార్జి సైమన్ ఓమ్ (1789–1854)

ప్రొఫెసర్ ఏంపియర్ పారిస్‌లో గణితం బోధిస్తున్న రోజులలో జర్మనీలో కలోగ్నేలో విద్యుత్ పీడనానికీ, విద్యుత్ ప్రవాహానికీ గల సంబంధం ఏమిటా అని జార్జి ఓమ్ అనే స్కూలు టీచరు పరిశోధన మొదలు పెట్టేడు.

అన్ని లోహాలూ తమగుండా విద్యుత్తును ఒకే విధంగా ప్రవహించనివ్వవు. కొన్ని లోహాలు విద్యుత్తును అధికంగా నిరోధిస్తాయి, కొన్ని తక్కువగా నిరోధిస్తాయి. ఈ "నిరోధం" (Resistance) అనేది లోహాల సహజ ధర్మమా? అది స్థిరంగా ఉంటుందా? లేక మారుతూ ఉంటుందా? మారితే ఏ పరిస్థితులలో ఏవిధంగా మారుతుంది? వంటి సందేహాలకు సమాధానాలు వెతుకుతున్నాడు ఓమ్.



జార్జి సైమన్ ఓమ్ *(1787 – 1859)*

జార్జి తండ్రి ఎర్లాంగెన్ యూనివర్సిటీలో తాళాలు బాగుచేసే పనివాడు. గణితంలో సరదా ఉన్నవాడు. జార్జికీ, అతని తమ్ముడు ఫ్రెడరిక్‌కీ జర్మన్ యూనివర్సిటీలలో ఎక్కడైనా గణిత విభాగంలో ప్రొఫెసర్ కావాలని చిన్నప్పటినుంచీ కోరిక. ఫ్రెడరిక్ సునాయాసంగా చదువులో అన్ని మెట్లూ ఎక్కి అనుకున్నట్లుగా ప్రొఫెసర్ అయిపోయాడు.

జార్జి మాత్రం కలోగ్నేలో బడిపంతులుగా మిగిలేడు. అతడికి ఉపాధ్యాయుడిగా మంచి పేరైతే ఉంది కాని ఏం లాభం? ఎదుగూ బొదుగూ లేని ఉద్యోగం.

అక్కడ పదేళ్లపాటు టీచరుగా పనిచేసి విసిగిపోయాడు. తమ్ముడు ప్రొఫెసరైపోయాడు, మరి తాను ఎక్కడ ఉన్నాడు? ఛస్. ఇది లాభం లేదు. మరి ఏంచెయ్యాలి? తాను మాంఛి బరువైన పుస్తకం ఏదైనా వ్రాసి అచ్చు వేస్తే, తన పేరు అందరికీ బాగా తెలుస్తుంది. అప్పుడు తనని ప్రొఫెసరుగా వచ్చి చేరమని యూనివర్సిటీలన్నీ పోటీ పడతాయి. వాటిలో తనకు నచ్చిన చోటు ఎన్నుకోవచ్చు. చూడగా చూడగా ఇది అద్భుతమైన పథకంలా కనిపించింది. ఈ ఆలోచన తనకి ఇదివరకే రానందుకు విచారించాడు.

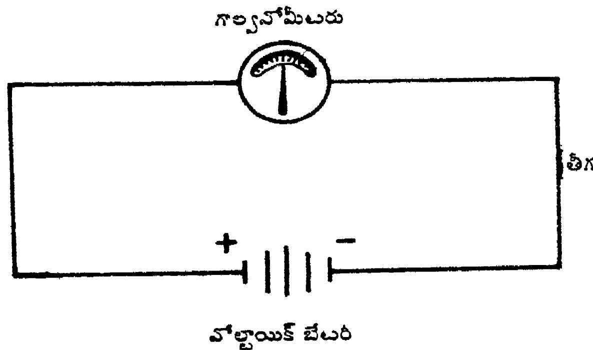
పుస్తకం వ్రాయడమంటే – ఇతరులు చేసిన పని అంతా గుది గుచ్చి వ్రాసేస్తే సరిపోదు. తాను కూడా స్వయంగా రీసెర్చి చేసి, తన పరిశోధన ఫలితాలను కూడా జోడించి మరీ వ్రాయాలి. అది నిజమే కానీ, రిసెర్చి చెయ్యాలంటే చాలా శ్రమపడాలి. కొత్త విషయాలు కనిపెట్టాలంటే చాలాకాలం పడుతుంది. పగలు స్కూలులో టీచింగు తప్పదుకదా? అంటే ఇంక రాత్రిపూటే రీసెర్చి చెయ్యాలి.

అంతా బాగానే ఉంది కానీ, ఏ రంగంలో పరిశోధన చెయ్యాలి? గణితంలో చేయవచ్చునుకానీ, ఇప్పటికే ఈరంగంలో ఎంతోమంది ఎన్నెన్నో కనిపెట్టేశారు. ఇప్పుడు తాను కొత్తగా కనిపెట్టేది ఏమంత మిగిలిఉంది కనుక? గణిత పరిశోధనతో యూనివర్సిటీ అధికారులను ఆకర్షించడం తనవల్ల అయే పని కాదు. పోనీ ఫిజిక్సులో రీసెర్చి చేస్తేనో? కాని, తనకు ఫిజిక్సులో అంతగా ప్రవేశం లేదుకదా ఎల్లాగ? దానిదేముందీ, మొదలుపెడితే అదే వస్తుంది. ఇదేమైనా బ్రహ్మవిద్యా? తనకు తెలిసిన గణిత ప్రక్రియలుపయోగించి ఇంతకు ముందు అర్థం కాకుండా ఉన్న భౌతికశాస్త్ర సమస్యలకు సమాధానాలు వెతకవచ్చునేమో? అయితే భౌతికశాస్త్రంలో ఏ విభాగం అనువుగా ఉంటుంది? ఎలక్ట్రిసిటీ బాగుంటుంది. కొత్త సబ్జక్టు. ఇందులో సమాధానాలు దొరకని సమస్యలు చాలా ఉన్నాయి.

•ఇదే తనకి అనువైన రంగం అని నిర్ధారణ చేసుకుని, తన ఇంట్లోనే విద్యుత్ పరిశోధనకు పరికరాలన్నీ ఆయత్తం చేసుకున్నాడు. అది 1824వ సంవత్సరం. అప్పటికే ఏంపియర్‌పేరు మారుమోగిపోతోంది.

పరిశోధనకు కావలసినవస్తువులన్నీ తానే స్వయంగా తయారు చేసుకున్నాడు ఓమ్. తాళాలు బాగుచెయ్యడంలో చిన్నతనంలో తన తండ్రికి చేదోడుగా ఉంటున్న కాలంలో – నేర్చుకున్న మెకానిజం ఇప్పుడు ఉపయోగించింది. మూడేళ్లపాటు పరిశోధన చేశాడు.

ఇతర పరిశోధకులు విద్యుత్తు తయారీమీదా, విద్యుదాకర్షణ వికర్షణలమీదా, విద్యుత్ప్రేరితమైన అయస్కాంతబలం మీదా కృషి చేస్తూ ఉంటే – విద్యుత్ పీడనకీ (అంటే వోల్టేజీకీ) విద్యుత్ ప్రవాహానికీ (అంటే కరెంటుకీ) గల సంబంధం ఎటువంటిదో నిర్ణయించాలని ఓమ్ పూనుకున్నాడు.



వోల్టాయిక్ బేటరీ తాలూకు రెండు ధ్రువాలనూ, రాగి తీగలతో కలిపి, అందులో ప్రవహించే కరెంటును గాల్వనోమీటరుతో కొలిచాడు.

తీగ పొడవునూ, వ్యాసాన్నీ రకరకాలుగా మార్చి కరెంటును కొలిచేడు.

వోల్టాయిక్ బేటరీల సంఖ్య (అంటే వోల్టేజి)ని మార్చి మార్చి కరెంటును కొలిచేడు.

రాగితీగకి బదులు వివిధ లోహాలతో చేసిన తీగలను ఉపయోగించి ఇదే పనిమళ్లీ చేశాడు.

ఆఖరికి అతడి పరిశోధనల సారాంశం ఏమిటంటే వోల్టేజి పెంచితే కరెంటు పెరుగుతుంది. వోల్టేజి ఎన్నిరెట్లు పెంచితే కరెంటు సరిగ్గా అన్నే రెట్లు పెరుగుతుంది.

లావు తీగ వాడితే కరెంటు పెరుగుతుంది.

తీగ పొడవు పెంచితే కరెంటు తగ్గుతుంది.

ఈ ఫలితాలన్నిటినీ ఒక చిన్న సూత్రంలోనిబంధించి ఇల్లా వ్రాశాడు.

$$\frac{\text{వోల్టేజి}}{\text{కరెంటు}} = \text{స్థిరాంకం}$$

ఈ స్థిరాంకాన్ని "రెజిస్టెన్స్" (ప్రతిరోధం) అన్నాడు. వివిధ లోహాలకు ఈ ప్రతిరోధం వేరువేరుగా ఉంటుంది అన్నాడు.

ఉష్ణోగ్రత పెరిగితే ప్రతిరోధం పెరుగుతుందనీ, ఉష్ణోగ్రత స్థిరంగా ఉంటే ప్రతిరోధం స్థిరంగా ఉంటుందనీ తెలుసుకున్నాడు.

బేటరీనుంచి వివిధ శాఖలుగా విడిపోయిన విద్యుత్ వలయం (Circuit)లో – ఏ శాఖలో ఎంత కరెంటు ప్రవహిస్తుందో జోస్యం చెప్పడానికి ప్రయత్నించాడు.

ఇతరుల పరిశోధనల సారాంశాన్ని క్రోడీకరించి, తన స్వంత పరిశోధనలను కూడా చేర్చి "*గాల్వనీ సర్క్యూట్లపై గణిత పరిశోధన*" అనే పేరుతో ఒక పుస్తకం వ్రాశాడు. దానిని వ్రాయడానికి స్కూలు నుంచి ఒక ఏడాది సెలవు తీసుకున్నాడు. స్వంత ఖర్చుతో ఆ పుస్తకాన్ని 1827 మేలో అచ్చు వేయించాడు. వివిధ యూనివర్సిటీలకి దాని కాపీలు పంపించాడు.

తన ఏడాది సెలవూ పూర్తికాక మునుపే తన పుస్తకానికి గుర్తింపు వస్తుందనీ, ప్రొఫెసరుగా వచ్చి చేరవలసిందని తనకు ఆహ్వానాలు వస్తాయనీ ఎదురు చూశాడు.

అతడి పుస్తకానికి గుర్తింపు అయితే వచ్చింది కానీ, అది అతడు ఆశించినట్లుగా మాత్రం లేదు. "*ఈ పుస్తకంలో చెప్పుకోదగ్గ కొత్త విషయం ఒక్కటికూడా లేదు ..... ఇందులోని కొన్ని విషయాలను అంగీకరించడం అసాధ్యం ....*" వంటి విమర్శలు వచ్చాయి.

ఓమ్ క్రుంగిపోయాడు. ప్రొఫెసర్ పదవి ఎల్లాగూ లేదు, సెలవు పూర్తి అయాక తన పాత స్కూలులో టీచరు ఉద్యోగంలో చేరడానికి అతడికి మొహం చెల్లలేదు. ఆ పుస్తకం అచ్చు వేయించకపోయినా బాగుండేది అనుకున్నాడు. ఆ ఊరు వదిలేసి, బెర్లిన్ వెళ్ళి, అక్కడ ట్యూషన్లు చెప్పుకుంటూ కొన్నాళ్ళు కాలక్షేపం చేశాడు. డబ్బు సరిపోయేదికాదు. అంతకన్న అధికంగా "*జీవితం అంతా వ్యర్థం అయిపోయిందే*" అన్న బాధ నరాలు తోడేసింది.

అంతలో కారుమబ్బులు విడిపోతున్న సూచనలు కనిపించాయి. బవేరియా రాజు (మొదటి లుడ్విగ్) న్యూరెంబర్గులోని పోలీటెక్నిక్ స్కూలును అభివృద్ధి చెయ్యాలని నిశ్చయించుకున్నాడు. అందులో సమర్థులైన ప్రొఫెసర్లని వేసి, ఆ స్కూలుకి పేరు ప్రఖ్యాతులు రప్పించాలనుకున్నాడు. అదే సమయంలో ఓమ్ వ్రాసిన పుస్తకాన్ని ఫ్రాన్సులోని శాస్త్రజ్ఞులు చూసి, మెచ్చుకోవడం మొదలు పెట్టేరు. జర్మనీలో కూడా అతడి కృషిని గుర్తించిన శాస్త్రజ్ఞులు కొద్దిమంది ఉన్నారు. మొత్తంమీద వారిలో ఎవరో లుడ్విగ్ రాజు చెవిలో వేశారు. "*గణితంలోనూ, భౌతికశాస్త్రంలోనూ కూడా దిట్ట ఒకడు ఉన్నాడు*" అని. వెంటనే న్యూరెంబర్గు స్కూలు ప్రొఫెసరుగా ఓమ్‌కి ఆహ్వానం వచ్చింది.

అక్కడ అతడు 16ఏళ్లు పని చేశాడు. అంతవరకూ చిన్నచూపు చూసిన వైజ్ఞానిక ప్రపంచం ఓమ్‌ని గుర్తించి ప్రశంసలు కురిపించసాగింది. లండన్‌లోని రాయల్ సొసైటీ అతడికి కోప్లే మెడలు ఇచ్చి గౌరవించింది. ఇంగ్లండులోనూ, ఫ్రాన్సులోనూ వైజ్ఞానిక పరిషత్తులలో సభ్యత్వం ఇచ్చారు. ఆఖరికి జర్మనీలోని మ్యూనిక్ యూనివర్సిటీలో ఫిజిక్సు ప్రొఫెసరుగా అతడికి ఆహ్వానం వచ్చింది. ఆలస్యంగా అయితేనేమి, అతడి చిరకాల జీవిత వాంఛ నెరవేరింది. అప్పటికి 60ఏళ్లు వచ్చాయి.

వోల్టేజి ÷ కరెంటు = రెజిస్టెన్స్

అనే సూత్రాన్ని "ఓమ్ సూత్రం" అనే పేరుతో ప్రపంచం అంతా అంగీకరించింది. రెజిస్టెన్సుకి ప్రమాణంగా "ఓమ్" అనేపేరును శాస్త్రజ్ఞులంతా ఉపయోగించి, అతడికి అఖండమైన కీర్తిప్రతిష్ఠలు కలిగించారు.

ఈ సందర్భంలో ఆశ్చర్యకరమైన సంగతి ఒకటి బయటపడింది. జార్జి ఓమ్ మరో 6సంవత్సరాలకు పుడతాడనగా, అచ్చంగా ఇతడు విద్యుత్‌శాస్త్ర రంగంలో కనిపెట్టిన విషయాలనే 1781లో ఇంగ్లండులో హెన్రీ కేవెండిష్ కనిపెట్టి తన నోటు పుస్తకాలలో వ్రాసి, ఎక్కడా ప్రచురించకుండా కూర్చున్నాడు! అతడు చనిపోయిన వంద ఏళ్ల తరవాత అతడి నోటు పుస్తకాలలోని విషయాలన్నీ బయటపడ్డాయి !

హెన్రీ కేవెండిష్ (1731–1810)

వైజ్ఞానిక ప్రపంచంలో హెన్రీ కేవెండిష్ బహువిద్దూరమైన మనిషి. అతడు చేసిన పరిశోధనలు అతి విస్తారమైనవి. అతడు సాధించిన విజయాలు అసాధారణమైనవి.

తాము కనిపెట్టిన విషయాలు అందరికన్న ముందుగా ప్రచురించాలనీ, ఆ కీర్తి ఇతరులకు ఎక్కడ దక్కిపోతుందోననీ శాస్త్రపరిశోధకులు అతలాకుతలం అయిపోతున్న కాలంలో పేరు ప్రఖ్యాతులను కావాలని పట్టిపుణ్యానికి కాలదన్నుకున్న శాస్త్రజ్ఞుడితడు. శాస్త్రపరిశోధనతప్ప జీవితంలో మరో సరదా ఏదీలేని మనిషి. స్నేహితుడన్నవాడు లేని ఏకాకి. అతనికి ఒంటరితనమే ఇష్టం. తనని ఎవరూ పలకరించకపోతే అతడికి పండుగ. అందం చందంలేని వెలిసిపోయిన పిచ్చిబట్టలు తప్ప కట్టిఎరుగని కేవెండిష్ ఇంగ్లండులోని గొప్ప ధనవంతులలో ఒకడు. అతని పితామహుడు "డ్యూక్ ఆఫ్ డెవాన్‌షైర్"; మాతామహుడు "డ్యూక్ ఆఫ్ కెంట్". అపారమైన ఆస్తిపాస్తులు అతడికి సంక్రమించాయి.

ఆకాలపు ధనవంతులందరి బిడ్డలలాగే స్కూలుకి, ఆ తరవాత కేంబ్రిడ్జి యూనివర్సిటీకి వెళ్లాడు హెన్రీ. నాలుగేళ్లు చదివి ఎందుచేతనో డిగ్రీ పూర్తి చెయ్యకుండానే 1753లో చదువు మానేశాడు. ఆ తరవాత ఏకారణం వల్లనో బొత్తిగా గుడిపాములాగ

మారిపోయాడు. తెలిసిన వాళ్లు కనిపిస్తారేమోనని పగలు భవంతి విడిచి బయటికి వెళ్లేవాడు కాదు; ఒకవేళ వెళ్లవలసివస్తే చీకటిపడ్డాకనే.

1760లో అతడు రాయల్ సొసైటీలో సభ్యుడు అయాడు. అక్కడ జరిగే సైన్సు



హెన్రీ కేవెండిష్
(1731 – 1810)

మీటింగులకు మాత్రం తప్పక వెళ్లేవాడు. ఒకనాడు అక్కడ పేపిస్ అనే యువకుడు తాను వోల్టాయిక్ బేటరీతో చేస్తున్న ప్రయోగాలనుగురించి మరొక సభ్యుడితో చెబుతూ ఉండగా, కేవెండిష్ వాళ్ల వెనుకచేరి, చెవులొగ్గి జాగ్రత్తగా వింటున్నాడు. పేపిస్ వెనుదిరిగి చూసేసరికి కేవెండిష్ చటుక్కున మొహం మరోవైపుకి తిప్పేసుకుని, దూరంగా వెళ్లిపోయాడు. "ఇదీ అతడి పద్ధతి" అని కేవెండిష్‌ని గురించి వ్రాస్తూ పేపిస్ అన్నాడు. "కేవెండిష్‌తో మాట్లాడాలనుకుంటే అతడి కళ్లల్లోకి చూడకుండా ఆకాశంకేసి చూస్తూ మాట్లాడాలి" అన్నాడు జోసెఫ్ బేంక్. "అతడికి కొత్తవాళ్లు అంటే భయం" అన్నాడు హంఫ్రీ డేవీ.

కేంబ్రిడ్జ్ వదిలేశాక పదేళ్లపాటు లండన్ జనారణ్యంలో అజ్ఞాతవాసం చేశాడు కేవెండిష్. అప్పుడతడు ఎక్కడ ఉన్నాడో, ఏం చేశాడో ఎవ్వరికీ తెలియదు. ఆసమయంలో జీవితంలో మరిచిపోలేని నిరాశాజనకమైన సంఘటన ఏదో జరిగి, అతడి జీవితపద్ధతినే మార్చివేసి ఉంటుందని ఊహిస్తున్నారు.

1766లో "కృతక వాయువుల మీద" అనే పేరుతో మొట్టమొదటి రీసెర్చి పేపరు వ్రాసి, రాయల్ సొసైటీకి సమర్పించాడు కేవెండిష్. తరవాత "ఆర్సెనిక్"(పాషాణం) మీద తాను చేసిన పరిశోధనను గురించి ఒక పరిచయస్తుడికి ఉత్తరం వ్రాశాడు, అంతే కాని ప్రచురించలేదు. ఆ ఉత్తరం తరవాత బయటపడింది. అతడు చేసిన పరిశోధనలు

చాలాభాగం అతని నోటు పుస్తకాలలోనే ఉండిపోయాయి. అతడు విద్యుత్తుమీద పరిశోధన చేసి, ప్రచురించకుండా ఉంచేసిన అతి ముఖ్యమైన విషయాలను తరవాత కూలంబ్, ఓమ్‌లు మళ్లీ కనుక్కున్న విషయం ఇంతకుముందు చూశాం.

రసాయన భౌతిక శాస్త్రాలు రెండింటిలోనూ అతడు చేసిన పరిశోధనలు అమూల్యమైనవి. హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్ వాయువుల రసాయన సంయోగంవల్ల నీరు ఏర్పడుతుందని కనుగొన్నది ఇతడే.

భూమి బరువును మొట్టమొదటిసారి లెక్కకట్టినది ఇతడే. లైడెన్ జార్‌లో విద్యుత్తు నిలవ ఉండేది నీళ్లల్లో కాదనీ, గాజులోననీ కనుగొన్నది ఇతడే. లోపల గుల్లగా ఉన్న లోహవస్తువులకి పైభాగాననే కాని లోపల విద్యుత్తు ఛార్జి ఉండదు అన్న ప్రయోగ ఫలితాన్ని ఆధారంగా చేసుకుని – తరవాత కూలంబ్ కనుగొన్న విద్యుదాకర్షణకు సంబంధించిన విలోమ వర్గసూత్రాన్ని గణితంద్వారా రుజువు చేసినది ఇతడే.

అతడు రాయల్ సొసైటీకి సమర్పించిన పరిశోధన పత్రాలలో చాలాభాగం రసాయనశాస్త్రానికి సంబంధించినవే. అవే ఆయనకి అఖండ ఖ్యాతినార్జించి పెట్టేయి.

దేనినైనా కొలవడమంటే అతడికి చాలా ప్రీతి. ఈ అలవాటే అతడి విజయపరంపరకు కారణం. అతడు తన గుర్రపుబగ్గీలో వెడుతూఉంటే, అతడు నిర్మించిన "మైలోమీటరు" ప్రయాణం చేసిన దూరాన్ని కొలిచేది. కొవ్వొత్తిని ఆర్పడానికి దానిమీద గాజు గ్లాసు బోర్లించి, అది ఆరిపోవడానికి ఎన్ని సెకనులు పట్టిందో కొలిచి, పుస్తకంలో వ్రాసుకునేవాడు. హైడ్రోజన్ వాయువును తయారుచెయ్యడానికి ఆమ్లంలో తుత్తునాగం ముక్కలు వేసే ముందు ఆరెండింటి బరువులనూ, తరవాత ఏర్పడ్డ హైడ్రోజన్‌వాయువు బరువునూ బహుజాగ్రత్తగా తూచి, వ్రాసుకునేవాడు. ఆ కొలతలు అప్పట్లో అతడికి ఏ విధంగానూ ఉపయోగపడకపోవచ్చు. అయినాసరే కొలవడమూ, నోట్ చేసుకోవడమూ అనేది అతడి అస్థినీ, చర్మాన్నీ పట్టేశాయి.

అతడు చనిపోయిన సుమారు 70 ఏళ్ల తరవాత (1879) అతడు వదిలిపోయిన నోటుపుస్తకాలన్నిటినీ మొట్టమొదటిసారి ప్రచురించారు. అప్పుడే అతడి పరిశోధనల విస్తృతి లోకానికి తెలియవచ్చింది.

కేవెండిష్ చనిపోయిన 17 ఏళ్ల తరవాత ఓమ్ తన విద్యుత్పరిశోధనలమీద పుస్తకం వ్రాశాడు. కేవెండిష్ అనే పేరు కూడా అతడు వినిఉండకపోవచ్చు.

ఫ్రాంక్లిన్‌లాగే కేవెండిష్ కూడా విద్యుత్తు అనేది ప్రవహించే ద్రవ్యంగా ఊహించాడు. ఓమ్ దానిని వేడి వంటిది అనుకున్నాడు. ఫోరియర్, పోయిజాన్ వంటి గణితశాస్త్రజ్ఞులు ఉష్ణ ప్రసరణకు నిర్మించిన సమీకరణాలకూ, విద్యుత్ సమీకరణాలకూ చాలా

దగ్గరపోలికలున్నాయనీ కనుక, ఉష్ణశక్తికీ విద్యుచ్ఛక్తికీ బహుదగ్గర సంబంధం ఉండి ఉంటుందనీ ఓమ్ వ్రాశాడు.

కొన్ని వస్తువులు మంచి ఉష్ణవాహకాలు. ఉదాహరణకి లోహాలు. మరికొన్ని వస్తువులు అనుష్ణవాహకాలు. ఉదాహరణకి కర్ర, గాజు, ప్లాస్టిక్ వగైరాలు. అల్లాగే కొన్ని వస్తువులలో విద్యుత్తు బాగా ప్రవహిస్తుంది; కొన్నిటిలో బొత్తిగా ప్రవహించదు. ఇందులో చిత్రం ఏమిటంటే ఏ వస్తువులు చక్కని ఉష్ణవాహకాలో సరిగ్గా అవే వస్తువులు చక్కని విద్యుద్వాహకాలు కూడానూ. అల్లాగే ఏ వస్తువులగుండా వేడి బాగాపాకదో, సరిగ్గా అవే వస్తువులగుండా విద్యుత్తుకూడా ప్రవహించదు.

ఓమ్ చేసిన పరిశోధనలకి వోల్టేజినీ, కరెంటునీ ఖచ్చితంగా కొలవగల సున్నితమైన పనిముట్లు అవసరం. వోల్టేజిని కొలవడానికి ఎలక్ట్రోమీటరు, కరెంటును కొలవడానికి గాల్వనోమీటరు అప్పటికి బాగా అభివృద్ధి అయి సిద్ధంగా ఉన్నాయి. వాటిని ఓమ్ చక్కగా ఉపయోగించుకున్నాడు.

విద్యుత్తుకీ, వేడికీ కొన్ని పోలికలున్న మాట నిజమే. కానీ, ఒక విషయంలో మాత్రం ఈ రెండింటికీ ఎంతమాత్రం పోలికలేదు. జర్మనీలో ఓమ్ పరిశోధన చేస్తున్నకాలంలోనే ఎవ్వరూ ఊహించని కొత్త పద్ధతిలో విద్యుత్ ప్రవర్తిస్తుందని ఇద్దరు యువకులు ఏకకాలంలో కనుగొన్నారు. వారిలో ఒకడు లండన్‌లోని రాయల్ ఇన్స్టిట్యూషన్‌లో పనిచేస్తున్న మైకేల్ ఫేరడే. మరొకడు మహా సముద్రానికి అవతల అమెరికాలో ఆల్బనీ అనే ఊళ్లో ఉపాధ్యాయుడిగా పనిచేస్తున్న జోసెఫ్ హెన్రీ.

....

6 అయస్కాంతం నుంచి విద్యుత్తు

విద్యుత్ప్రవాహంనుంచి అయస్కాంతక్షేత్రం ఏర్పడుతుందని ఆయిర్స్టెడ్ కనుక్కొన్నాడు. అంటే విద్యుత్‌కీ అయస్కాంతానికీ చాలా దగ్గర బాంధవ్యం ఉంది అనే కదా అర్థం? లేదా ఇవి రెండూ ఒకే నాణెంమీది బొమ్మా–బొరుసూ వంటివి అనుకోవచ్చు. అటువంటప్పుడు అయస్కాంతంనుంచి విద్యుత్తు తయారుఅవాలికదా? కాని, ఇది మాత్రం ఎవ్వరికీ లొంగకుండా తప్పించుకుపోతోంది. దీనిని సాధించడానికి కృషిచేసి, విజయం సాధించిన శాస్త్రజ్ఞులు ఇద్దరున్నారు. ఒకడు మైకేల్ ఫేరడే అనే బ్రిటిష్ విజ్ఞాని. మరొకడు జోసెఫ్ హెన్రీ అనే అమెరికన్ శాస్త్రజ్ఞుడు. వీరిద్దరిలోనూ కొద్దినెలలు ముందుగా ఈ ఘనకార్యాన్ని సాధించి, అఖండఖ్యాతి నార్జించినవాడు ఫేరడే.

మైకేల్ ఫేరడే (1791–1867)



మైకేల్ ఫేరడే *(1791 – 1867)*

ఇంగ్లండులో మైకేల్ బహు బీద కుటుంబంలో పుట్టేడు. తండ్రి కమ్మరి పని చేసేవాడు. అతడి సంపాదనతో కుటుంబం అంతకీ రోజుకి ఒక్కపూట భోజనంకూడా గగనమైపోతూ ఉండేది. పెద్ద అయాక ప్రపంచ విఖ్యాత శాస్త్రజ్ఞుడయే సూచనలేవీ చిన్నతనంలో

మైకేల్‌లో కనబడలేదు. అతడి స్కూలు చదువుకూడా అంతంతమాత్రంగానే నడిచింది.

1804లో– పదమూడేళ్ల వయస్సులో – మైకేల్ ఒక పుస్తకాల దుకాణంలో "చేతికింది కుర్రాడు" గా ఉద్యోగంలో చేరాడు. చందాదారుల ఇళ్లకు పట్టుకెళ్లి న్యూస్ పేపర్లు, పుస్తకాలూ అందజేయడం అతడి పని. పుస్తకాలమధ్య నిరంతరం మసులుతూ ఉండడంతో అతనికి చదవాలనే తపన బయలు దేరింది. ఒక ఏడాది అయాక అతణ్ని పుస్తకాల బైండింగు సెక్షన్‌లోకి మార్చారు. జీతం వారానికి నాలుగు షిల్లింగులు. పని నేర్చుకుంటున్నవాడికి అంతకన్న ఎక్కువ ఎవరిస్తారు?

ఆరోజుల్లో బైండింగుకోసం వచ్చిన "ఎన్‌సైక్లోపీడియా బ్రిటానికా" తీసి చదువసాగేడు రాత్రిపూట. అందులో కెమిస్ట్రీ, ఎలక్ట్రిసిటీ విభాగాలు అతడిని విపరీతంగా ఆకర్షించాయి. వాటిని బాగా చదివేడు. అన్నగారు చేతి ఖర్చుకి ఇచ్చే డబ్బులతో టెస్ట్‌ట్యూబులూ, తుత్తునాగం ముక్కలూ, తీగలూ కొన్నాడు. రాగి పెన్నీలు, తుత్తునాగం బిళ్లలూ ఉపయోగించి వోల్టాయిక్ బేటరీ తయారుచేసి, చిన్న చిన్న రసాయన ప్రయోగాలు చేసేవాడు.

ఎలక్ట్రిసిటీని గురించి ఇంకా తెలుసుకోవాలని ఉవ్విళ్లూరేడు. ఆరోజులలో సైన్సు మీద ఆసక్తి ధనికవర్గం నుంచి మధ్య తరగతి ప్రజలలోకి పాకుతోంది. రాత్రి పాఠశాలలు లేవుగానీ, సైన్సు విషయాలమీద ఉపన్యాసాలు లండన్‌లో అక్కడక్కడ నడుస్తూ ఉండేవి. అటువంటి ఉపన్యాసాల ప్రకటన ఒకటి ఫేరడే కంటపడింది. అది చూసి అతడు చాలా ఉత్సాహపడ్డాడు. కానీ, ఆ ఉపన్యాసాలకు ఒక్కొక్కదానికి ఒక్కొక్క షిల్లింగు చొప్పున టిక్కట్టు ఉంది! అతని తాహతుకి అది చాలా పెద్ద మొత్తం. కమ్మరం పని చేస్తున్న అన్నగారి సాయంతో మైకేల్ ఆ ఉపన్యాసాలకు హాజరు కాగలిగేడు.

ఆ ఉపన్యాసాలు విన్నాక అతడికి పుస్తకాల బైండింగు పని విసుగు అనిపించింది. తన అసలు ఆసక్తి సైన్సులో అని తెలుసుకున్నాడు. తన జీవితం ఈ షాపులో వ్యర్థమైపోతోందే అని బాధపడ్డాడు.

ఇతడి ఆసక్తి గమనించిన ఒక ఖాతాదారు మైకేల్‌కి ఒక "పాస్" ఇచ్చాడు. "రాయల్ ఇన్‌స్టిట్యూషన్" అనే సంస్థ ఒకటి ఉంది లండన్‌లో. అందులో హంఫ్రీ డేవీ అనే ప్రఖ్యాత శాస్త్రజ్ఞుడు శుక్రవారం సాయంకాలపు వేళల్లో అప్పుడప్పుడు ఉపన్యాసాలిస్తూ ఉంటాడు తాము చేస్తున్న పరిశోధనలమీద. అతడు గొప్ప సైంటిస్టు మాత్రమే కాక గొప్ప వక్త కూడానూ. అతడి ఉపన్యాసాలు వినడానికి టిక్కట్లు కొనుక్కుని ఆడవాళ్లు కూడా వస్తూ ఉండేవారు. అతడి వాగ్ధోరణికి మంత్రముగ్ధుల్లాగ వింటూ ఉండేవారు. ఆ ఉపన్యాసాలకు వెళ్లడం ఫేషనుగా కూడా పరిగణింపబడేది.

ఆ ఖాతాదారు ఇచ్చిన పాసుతో డేవీగారి మూడు ఉపన్యాసాలు వినవచ్చు. ఆ పాస్ అందుకున్న ఫేరడే ఆనందం వర్ణనాతీతం. అతడి జీవిత గమనాన్నే మార్చివేసిన సంఘటన అది.



సర్ హంఫ్రీ డేవీ (1778 – 1829)

మత్తుమందుగా ఉపయోగించదగ్గ "నైట్రస్ ఆక్సైడ్" వాయువును గురించీ, దానిని పీలిస్తే ఆపుకోలేనంత నవ్వు ఎలా వస్తుందో, దానిని ఎల్లా తయారు చెయ్యాలో వగైరాలమీద మొదటి ఉపన్యాసం.

పొటాష్ నుంచి విద్యుత్తు సాయంతో పొటాసియం మూల ధాతువును ఎలా విడదీయవచ్చునో వివరిస్తూ రెండవ ఉపన్యాసం.

ఫ్రాంక్లిన్, గాల్వనీ, వోల్టాల విద్యుత్పరిశోధనలమీద మూడవ ఉపన్యాసం.

ఫేరడే ఆ మూడు ఉపన్యాసాలనూ ఒళ్లంతా చెవులు చేసుకుని విన్నాడు. ఇంటికి వచ్చి ఆ ఉపన్యాసాలమీద వివరంగా నోట్సు వ్రాసుకున్నాడు. వాటినన్నింటినీ కలిపి స్వయంగా బైండు చేశాడు.

తనకు సైన్సు పరిశోధనలమీద చాలా ఆసక్తి ఉన్నదనీ, తాను ఫలానా ఫలానా పుస్తకాలు చదివేననీ, ఆయన దగ్గర లేబరేటరీలో ఏదైనా పని ఇప్పిస్తే – ఎంత తక్కువ జీతం అయినా సరే – చిత్తశుద్ధితో పనిచేయగలననీ హంఫ్రీ డేవీకి ఉత్తరం వ్రాసి, తాను వ్రాసుకున్న ఉపన్యాసాల నోట్సుతో సహా పోస్టులో పంపించాడు ఫేరడే.

తన ఉపన్యాసాల మీద వ్రాసిన నోట్సూ, అందులో అందంగా గీసిన బొమ్మలూ డేవీకి చాలా నచ్చేయి. ఉత్తరం వ్రాసిన అజ్ఞాత వ్యక్తిమీద చాలా అభిమానం కలిగింది. 1812లో క్రిస్మస్ ముందురోజున ఫేరడేకి జవాబు వ్రాశాడు.

"మీరు వ్రాసిన నోట్సులో చూపిన మీ అవగాహన, ఆసక్తి, మీ జ్ఞాపకశక్తి నాకు చాలా

ఆనందం కలిగించేయి. నేను పనిమీద బయటికి వెడుతున్నాను. జనవరి నెలాఖరుకి తిరిగి వస్తాను. ఆ తరువాత మీ అవకాశాన్ని బట్టి వచ్చి నన్ను కలుసుకోవలసింది. నా చేతిలో ఉన్న సహాయం ఏదైనా సంతోషంగా చేస్తాను.

ఇట్లు విధేయుడు, హంఫ్రీ డేవీ".

ఆ ఉత్తరం ఫేరడేని ఆకాశానికి ఎత్తేసింది. ఇంతకుముందు "రాయల్ సొసైటీ" * కి ప్రెసిడెంటుగా ఉన్న సర్ జోసెఫ్ బేంక్‌కి ఏదైనా అవకాశం ఇప్పించవలసిందని అమాయకంగా ఫేరడే ఉత్తరం వ్రాశాడు. కానీ, సమాధానం రాలేదు. ఆ అనుభవంతో హంఫ్రేడేవీ నుంచి సమాధానం వస్తుందన్న నమ్మకంలేని ఫేరడేకి ఈ ఉత్తరం చాలా ఆనందం కలిగించింది.

కానీ, డేవీతో ఇంటర్వ్యూ ఆశాభంగమే అయింది. పుస్తకాల బైండింగు ఉద్యోగం కొనసాగించడమే మంచిదని ఫేరడేకి డేవీ సలహా ఇచ్చాడు. కావాలంటే తమ ఇన్‌స్టిట్యూషన్‌కి సంబంధించిన బైండింగు పనికూడా ఇప్పిస్తానన్నాడు. ఫేరడే కాళ్లు ఈడ్చుకుంటూ తిరిగి వచ్చాడు.

ఒక నెలగడిచింది. వేమౌత్ వీధిలో ఉన్న ఫేరడే ఇంటిముందర ఒక గుర్రపుబగ్గీ ఆగింది. అందులోనుంచి డవాలీ బంట్రోతు ఒకడు దిగి, "మైకేల్ ఫేరడే ఎవరు?" అని అడిగి, డేవీ వ్రాసిన ఉత్తరం అందించాడు. రాయల్ ఇన్‌స్టిట్యూషన్ లేబరేటరీ అసిస్టెంటు ఉద్యోగం ఒకటి ఖాళీ అయిందనీ, ఇష్టమైతే మరునాడు వచ్చి కలుసుకోమనీ వ్రాసిఉంది.

ఫేరడే ఎగిరిగంతేసి, ఆ ఉద్యోగంలో చేరేశాడు. ఉపన్యాసాలు ఇచ్చేముందు ప్రొఫెసర్లకి సాయంగా పనిముట్లు అమర్చి ఉంచడమూ, పని పూర్తి అయాక ఆ సామాను జాగ్రత్తగా తీసుకువెళ్లి యథాస్థానాలలో ఉంచడమూ, టెస్ట్‌ట్యూబులు వగైరాలు కడగడమూ, లేబరేటరీ వస్తువుల జాబితా వ్రాసి ఉంచుతూ ఉండడమూ, నెలకొకసారి అన్ని సామానుల దుమ్ము దులపడమూ.... ఇవీ అతని పనులు. వారానికి 25 షిల్లింగులు జీతం. లేబరేటరీపైన ఉండడానికి రెండు గదులు వాడుకోవచ్చు.

ఫేరడేకి ఈ పనులు డ్యూటీలాగ కాక పరమానందదాయకంగా ఉన్నాయి. సర్ హంఫ్రీ వంటి ప్రసిద్ధ శాస్త్రజ్ఞుడి పక్కన నిలుచుని, ఆయనకి సాయపడగలగడం మహాభాగ్యంలాగ ఉంది. ఉద్యోగంలో చేరిన వారం రోజుల తరవాత తన మిత్రుడు (బెన్ ఎబ్బాట్)కి ఉత్తరం వ్రాశాడు. "బీటు దుంపలనుంచి పంచదార తీయడంలోనూ, గంధకమూ, బొగ్గూ కలిసిన ఒక కాంపౌండ్ తయారుచేయడంలోనూ పాల్గొన్నాను". మరో నెల తరవాత వ్రాసిన ఉత్తరం ఇల్లా ఉంది. "ప్రస్తుతం మేము చేస్తున్న ప్రయోగ

* రాయల్ సొసైటీ వేరు, రాయల్ ఇన్‌స్టిట్యూషన్ వేరూనూ.

వివరాలు వ్రాస్తాను. క్లోరిన్, అజోట్‌లు కలిసిన పేలుడు పదార్థంతో జరిపిన ప్రయోగాలలో నాలుగుసార్లు పెద్దగా పేలుళ్లు జరిగేయి. కానీ ఎక్కువ గాయాలు తగలకుండా తప్పించుకున్నాను. ఒకసారి కేవలం ఏడున్నర గ్రెయినుల పేలుడు పదార్థం ఉన్న టెస్ట్‌ట్యూబు నాచేతిలో పట్టుకుని స్వల్పంగా వేడిచేస్తుండగా పేలి, నా వేలి గోరు తెగిపోయింది. నాముఖానికి మాస్క్ ఉండడంవల్ల సరిపోయింది కానీ, లేకుంటే ఎగిరివచ్చిన గాజుముక్కలు తగిలి నా కన్ను పోవలసిందే.... తరవాత ఒకసారి సర్ హంఫ్రీ చేతిలో కూడా పేలి స్వల్పంగా గాయమైంది. దానితో ఇది చాలా ప్రమాదకరమైన వస్తువనీ, ఈ ప్రయోగాలు ఆపివేద్దామనీ అన్నారు".

ఎలక్ట్రిక్ ఆర్క్ మీద డేవీ ప్రయోగాలు చేశాడు. రెండు బొగ్గుకడ్డీల (Carbon Electrodes) మధ్య కొద్దిగా ఎడం ఉంచి, పెద్ద విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని పంపిస్తే తెల్లని వెలుగువస్తుంది. దీనినిబట్టి విద్యుచ్ఛక్తి ఇతర శక్తులుగా రూపాంతరం చెందగలదని ఆయన కనుగొన్నాడు. విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని పంపించి, సోడియం, పొటాసియం అనే మూలధాతువులను విడదీశాడు. గనిలో ఉపయోగించదగ్గ ప్రమాదరహితమైన దీపాన్ని (Davy's Lamp)* కనిపెట్టేడు. డేవీ చేసే పరిశోధనలన్నిటిలోనూ ఫేరడే కేవలం కప్పులు కడిగే పనివాడిలాగ కాక శాస్త్ర పరిచయం కలిగిన రీసెర్చి విద్యార్థిలాగ పాల్గొనేవాడు. అనేక రంగాలలో ప్రపంచ విఖ్యాతి గాంచిన హంఫ్రీ డేవీని పత్రికా విలేఖరి ఒకడు "మీరు కనిపెట్టిన వాటిలో అతిముఖ్యమైనది మీ ఉద్దేశంలో ఏదీ?" అని అడగ్గా, దానికి ఆయన "మైకేల్ ఫేరడే" అని సమాధానం ఇచ్చాడు!

ఇంతలో డేవీ యూరపు యాత్రకి భార్యాసమేతంగా వెడుతూ ఫెరడేని కూడా తనవెంట రమ్మని ఆహ్వానించాడు. తాను పుట్టిన ఊరుదాటి బయటికి ఎన్నడూ అడుగుపెట్టి ఎరుగని ఫేరడేకి యూరపు ప్రయాణం అంటే చాలా సంతోషం కలిగింది. ప్రపంచ ప్రసిద్ధులైన శాస్త్రజ్ఞులను ముఖాముఖీ కలుసుకునే అవకాశం కలుగుతున్నందుకు పొంగిపోయాడు.

ఆ ట్రిప్పు 18 నెలలు నడిచింది. వీళ్లు "శత్రుదేశపు" సైంటిస్టులైనప్పటికీ ఫ్రాన్సులో నిరపాయంగా ప్రయాణం చేసే సదుపాయాలు కల్పించాడు నెపోలియన్. ఈ ప్రయాణం ఫేరడేకి అనుకున్నంత సంతోషం కలిగించలేదు. హంఫ్రీవి కళాకళలు. అతడితో నెట్టుకు రావడం అంత సులభం కాదు. డేవీ గారి భార్య ప్రవర్తన మరీ బాధాకరంగా పరిణమించింది. ఆమె ఫేరడేని తమ ఇంటి నౌకరులాగ చూసేది. అతడిని

* 'డేవీ దీపం' గురించి ఇంకా వివరంగా తెలుసుకోదలచినవారు నా "నిప్పు కథ" చూడవచ్చు.

తమతో కలిసి భోజనం చెయ్యనిచ్చేది కాదు. అతడు తమకన్న చాలా క్రింది అంతస్థువాడని తరచు జ్ఞాపకం చేసేది.

ఈ నెరసులకేమిగానీ, ఫేరడే చాలా కొత్త సంగతులు తెలుసుకున్నాడు. రాత్రివేళ సముద్రం మెరవడం చూశాడు. రాశి చక్రకాంతి (Zodiacal Light) చూశాడు. అగ్నిపర్వత ముఖంలోకి తొంగిచూశాడు. ఫ్రెంచి సెమఫోర్ వార్తాప్రసారపద్ధతి* గమనించాడు. విద్యుత్ చేపలను పరిశీలించాడు. సముద్రపు నాచునుంచి అయొడిన్ విడదీశాడు. గెలీలియో వాడిన టెలిస్కోపు చూశాడు. ఫ్లారెన్సులో వజ్రాన్ని కాల్చి, అది బొగ్గు తప్ప మరేమీ కాదని ప్రదర్శించాడు. వోల్టానీ, ఏంపియర్‌నీ కలుసుకున్నాడు.

రాయల్ ఇన్‌స్టిట్యూషన్‌కి తిరిగి వచ్చాక తనంతట తాను స్వతంత్రంగా పరిశోధన చెయ్యడం మొదలుపెట్టేడు ఫేరడే. ఆ పనికి అనువుగా అన్ని సౌకర్యాలూ ఉన్న లేబరేటరీ ఉంది. అతడు మొదట చేసిన పరిశోధన అంతా రసాయనశాస్త్రంలో. 1820 ప్రాంతాలలో చాలా పరిశోధన పత్రాలు ప్రచురించాడు. ఫేరడే పేరు శాశ్వతంగా నిలిచిపోవడానికి ఆ కృషి చాలు. అవి ఎంత ముఖ్యమైనవి అయినా మన కథకి ఉపయోగించేవి కావు.

అతడి కృషి గుర్తించిన రాయల్ ఇన్‌స్టిట్యూషన్ వారు అతడి జీతం క్రమాంతరాల మీద సంవత్సరానికి వంద పౌనులకి పెంచేరు. ఆనాటికి అది సుఖజీవనానికి తగిన రాబడే.

29వ ఏట సారా బెర్నార్డ్ అనే అమ్మాయిని కలుసుకున్నాడు. ఆమెకి వ్రాసిన ప్రేమలేఖలో క్లోరైడ్సు మీదా, తైలములమీదా, ఉక్కు మీదా ఇంకా ఎన్నెన్నో విషయాలమీద తాను చేస్తున్న పరిశోధన వివరాలు సుదీర్ఘంగా వ్రాసి, ఆఖర్ని, "నీ మీది ప్రేమముందు ఇవి అన్నీ నిరర్థకాలే" అని ఒక్క వాక్యం చేర్చాడు. 1821లో వాళ్లిద్దరూ పెళ్లి చేసుకున్నారు. పెళ్లి అయాక హనీమూన్‌కి వేరే ఎక్కడికీ పోక, తిన్నగా లేబరేటరీకి వెళ్లిపోయాడు మైకేల్. శాస్త్రపరిశోధన తప్ప జీవితంలో మరో యావలేని మొగుడితో కాపరానికి మవసారా అలవాటు పడిపోయింది.

1821లో ఫేరడే విద్యుద్రంగంలో మొట్టమొదటి ముఖ్యమైన ప్రయోగం చేశాడు.

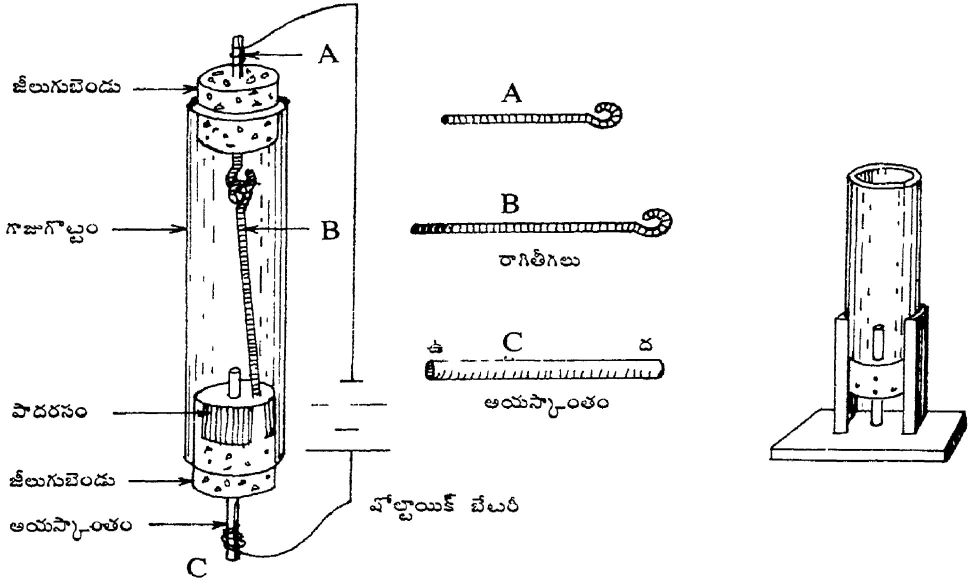
విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న తీగచుట్టూ అయస్కాంతక్షేత్రం గుండ్రని వలయాలుగా ఏర్పడుతుందని తెలుసుకున్నాం, ఇనుపరజను సర్దుకున్న తరహానుబట్టి. ఇనుపరజనుకి బదులు స్వేచ్ఛగా తిరగడానికి అనువుగాఉన్న అల్పమైన అయస్కాంతం ఈ తీగచుట్టూ ప్రదక్షిణాలు చేస్తుంది.

అయస్కాంతానికీ విద్యుత్తుకీ గల పోలికలనుబట్టి స్థిరంగాఉన్న అయస్కాంతం

* సెమఫోరును గురించిన వివరాలకు నా "టెలిగ్రాఫు కథ" చూడవచ్చు.

చుట్టూ స్వేచ్ఛగా తిరగడానికి అనువుగాఉన్న విద్యుత్తు ప్రవహించే తీగ ప్రదక్షిణాలు చెయ్యాలికదా? అని తర్కించాడు, దానిని ప్రయోగపూర్వకంగా రుజువు చేశాడు ఫేరడే.

అయస్కాంతంచుట్టూ రాగితీగ సులభంగా తిరగడానికి అనువుగా అమర్చాలి; తిరుగుతున్నప్పటికీ ఆ తీగలో నిరంతరాయంగా విద్యుత్తు ప్రవహించే ఏర్పాటు చెయ్యాలి.



ఫేరడే నిర్మించిన మోటర్

అప్పుడు ఆ తీగ అయస్కాంతంచుట్టూ గానుగెద్దులాగ తిరుగుతూ ఉంటుందని చూపించాలి.

దీనిని ఫేరడే రెండు రోజులలో సాధించాడు. ఇక్కడి బొమ్మలో చూపించిన ఆ పనిముట్టును బహు సులభంగా ఎవరైనా నిర్మించవచ్చు. ఒక గాజు గొట్టం తీసుకుని దానికి రెండువైపులా జీలుగుబెండు బిరడాలు బిగించాడు. గొట్టం లోపల అరంగుళం లోతుగా పాదరసం పోశాడు. అడుగు బిరడాగుండా ఒక "దండ అయస్కాంతం" (Bar Magnet) దూర్చాడు. పై బిరడాగుండా కొక్కెం లాగ వంపుతిరిగిన రాగి ఊచ (A), ఆ కొక్కెంలో అమరిన మరొక రాగి తీగ (B) బొమ్మలో చూపినట్లు అమర్చాడు. రాగితీగ (B) తాలూకు అడుగుకొస పాదరసంలో మునిగి, గిరగిరా తిరగడానికి అనువుగా ఉంటుంది. A.C లకు

రాగితీగలు చుట్టి, వాటి కొసలను వోల్టాయిక్ బేటరీ ధ్రువాలకు తగిలించాడు. వెంటనే B అనే తీగ దండఅయస్కాంతం చుట్టూ ప్రదక్షిణాలు చేయడం మొదలుపెట్టింది! పాదరసంతోడి సంపర్కం వల్ల కదులుతున్నప్పటికీ B అనే తీగలో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తూనే ఉంటుంది. ఇప్పుడు బేటరీ ధ్రువాలను తారుమారుచేస్తే ఈ తీగ వ్యతిరేక దిశలో ప్రదక్షిణాలు చేస్తుంది.

"విద్యుత్ భ్రమణాలు" (Electric Rotations) అనేపేరుతో 1821లో ఫేరడే దీనిని ప్రచురించాడు. ఇదే మొట్టమొదటి ఎలక్ట్రిక్ మోటారు. బలహీనమైన ఈ మోటారుకి ఆటవస్తువుగాతప్ప మరి ఏ ఉపయోగమూ లేదు. అయితేనేమి? విద్యుత్తునుపయోగించి నిరంతర చలనాన్ని సాధించడం సాధ్యమే అని రుజువు అయింది. తరవాత దీనిని అభివృద్ధి చేయడానికి చాలామంది ప్రయత్నించారు.

ఆ తరువాత పదేళ్లల్లోనూ తాను చేసిన వివిధ పరిశోధనలమీద 60 పేపర్లు ప్రచురించాడు ఫేరడే. స్టెయిన్‌లెస్‌స్టీల్ కనిపెట్టేడు. క్లోరిన్, మరికొన్ని వాయువులను ద్రవంగా మార్చేడు. అమోనియా వాయువును వత్తిడికి గురిచేస్తే ద్రవంగా మారుతుందని కనుక్కున్నాడు; దరిమిలాని ఇది వస్తువులను చల్లబరచడానికి (Refrigeration) దారి తీసింది. కొత్తరకం గాజు కనిపెట్టేడు. ధ్వని లక్షణాలమీద, సముద్రపు పాటుపోటులమీద, రబ్బరుమీద, కాంతి ధర్మాలమీద కృషి చేశాడు. నైట్రోజన్ క్లోరైడ్ అనే భయంకరమైన పేలుడు పదార్థపు లక్షణాలు తెలుసుకోడానికి చేసిన ప్రయోగాలలో ఫేరడేకి ఇంచుమించుగా కళ్లు పోయినంత పని అయింది.

చిత్రకారుడైన ఒక స్నేహితుడి కోరికమీద రంగులు వెలిసిపోకుండా ఉంచడం ఎల్లాగో పరిశోధించాడు. ఈ పనులన్నీ అతడు ఒక్కడే చేసేవాడు. ఇతరుల సాయం తీసుకునే అలవాటు అతడికి లేదు. సరాసరిమీద రోజుకి 14 గంటలసేపు లేబరేటరీలో పనిచేసేవాడు. ఇంత హడావుడిలోనూ ఖాళీ చేసుకుని భార్యతో కలిసి సంగీత కచేరీలకీ, పడవ షికారులకీ వెళ్లేవాడు.

పరిశోధన సమాచారాలతో అతడి నోటు పుస్తకాలు నిండిపోతున్నాయి. వాటిలో ఇతర పరిశోధకులకు పనికివచ్చే ముడిసరుకు, సూచనలు అసంఖ్యాకంగా ఉండేవి. అతడి పరిశోధనకి అదీ ఇదీ అని లేదు. కాడ్ చేపల తల ఎముకల స్ఫటికీకరణం నుంచి – మంచులమీద వెల్లుల్లి ప్రభావం వరకూ "కాదేదీ సైన్సు కనర్హం, విజ్ఞాన ప్రదమోయ్ అన్నీ" అనుకున్నాడు.

రాయల్ ఇన్‌స్టిట్యూషన్ చేయవలసిన ముఖ్యమైన పనులు మూడు ఉన్నాయి :

మొదటిది : శాస్త్రపరిశోధన. ఇందులో ఫేరడేని మించినవాడు లేడు.

రెండవది: వైజ్ఞానిక విషయాలమీద జనసామాన్యం కోసం ఉపన్యాసాలివ్వడం.

ఈ పని ఫేరడేకి చాలా ఇష్టం. వాటికోసం చాలా శ్రద్ధగా నోట్సు వ్రాసుకుని తయారై వెళ్లేవాడు. శుక్రవారం సాయంత్రం అతడి ఉపన్యాసాలు వినడానికి జనం విపరీతంగా వచ్చేవారు. పిల్లలకోసం ప్రత్యేకంగా అతడిచ్చే ఉపన్యాసాలు మరీ బాగుండేవి.

మూడవది: పరిశ్రమలలో ఎన్నెన్నో సాంకేతికమైన ఇబ్బందులు ఎదురవుతూ ఉంటాయి. వాటికి పరిష్కారం చూపించవలసిందని రాయల్ ఇన్‌స్టిట్యూషన్‌కి దరఖాస్తులు వచ్చేవి. అవసరమైన సలహాలు ఇవ్వడానికి అందులోని శాస్త్రజ్ఞులు ప్రయత్నించేవారు. ఆ పని చేసిపెట్టినందుకు జీతం కాక అదనంగా డబ్బు ఇచ్చేవారు.

ఈ మూడు పనులూ సమానంగా నిర్వహించేవాడు ఫేరడే. అతడి జీతం ఏడాదికి 100 పౌనులే అయినా, మూడవరకం కృషి వల్ల మరో 1100 పౌనుల ఆదాయం అధికంగా వస్తూ ఉండేది. కానీ, వీటివల్ల తనకిష్టమైన విద్యుత్ పరిశోధనలు వెనుకబడిపోతున్నాయే అని బాధగా ఉండేది. అవి మానేస్తే తనకి వచ్చే జీతం సరిపోదు. ఇప్పుడు తన కర్తవ్యం ఏమిటని ఫేరడే ఆలోచనలో పడ్డాడు. "పై సంపాదన" వదులుకోడానికే నిశ్చయించుకున్నాడు. మొదటి రెండు పనులూ మానదలచుకోలేదు. వంద పౌనులతో బతకడానికి తగ్గట్లుగా ఖర్చులు తగ్గించేశాడు. ప్రపంచంలోని ప్రతీ సైంటిస్టూ కోరుకునే "ఫెలో ఆఫ్ ది రాయల్ సొసైటీ" గా 31వ ఏట ఎన్నిక అయిన ఫేరడే లేబరేటరీ అసిస్టెంటు జీవితానికి సిద్ధపడ్డాడు. తాను కనిపెట్టిన అనేకానేక విషయాలకు "పేటెంటులు తీసుకోడానికి ఆయన నిరాకరించాడు కానీ, లేకుంటే డబ్బు అతడి ఇనప్పెట్టెల్లో మూలుగుతూ ఉండవలసినమాట.

పది సంవత్సరాలపాటు జేబులో హమేషా సూదంటురాయీ, తీగముక్కలూ పెట్టుకుని తిరిగేడు ఫేరడే. వాటిని బయటికి తీసి, ఏదో ఆలోచనలో మునిగిపోయేవాడు.

విద్యుత్తునుంచి అయస్కాంతాన్ని తయారు చేయడం ఎల్లాగో ఆయర్‌స్టెడ్, ఏంపియరులు చూపించేరు. దానికి తలకిందులు పని – అంటే అయస్కాంతం నుంచి విద్యుత్ తయారు చేయడం ఎల్లాగ? అని అతడి ఆలోచన. కేవలం ఇతడే కాదు, ప్రపంచం అంతటా విద్యుత్ పరిశోధకులు చాలామంది దీనిని సాధించడానికి ప్రయత్నాలు చేస్తున్నారు. కానీ, ఇది ఎవ్వరికీ అంతుబట్టకుండా ఉంది.

ఈ విషయంలో ఫేరడేకి ఉన్న ప్రయోగ కౌశలమూ, దానికోసమై సమస్తమూ త్యాగం చేసెయ్యగల పట్టుదలా ఇతరులకి లేవు.

అసలు అయస్కాంతంనుంచి విద్యుత్తును సృష్టించడం సాధ్యమేనా? ప్రకృతిలో పరస్పర వ్యతిరేక కార్యాలు చాలా కనిపిస్తున్నాయి. న్యూటన్ చెప్పిన "క్రియ – ప్రతిక్రియ" సరేసరి. శక్తివల్ల కదలిక పుడుతుంది; కదలిక వల్ల శక్తి ఏర్పడుతుంది. వేడివల్ల వత్తిడి పుడుతుంది. వత్తిడి వల్ల వేడి పుడుతుంది. రసాయనిక క్రియ వల్ల విద్యుత్తు పుడుతుంది

(వోల్టాయిక్ బేటరీలో); విద్యుత్తు వల్ల రసాయనక్రియ (ఎలక్ట్రోలసిస్) జరుగుతుంది. అల్లాగే; విద్యుత్తునుంచి అయస్కాంతక్షేత్రం ఏర్పడుతున్నప్పుడు అయస్కాంతక్షేత్రంనుంచి విద్యుత్తు ఎందుకు ఏర్పడదు?

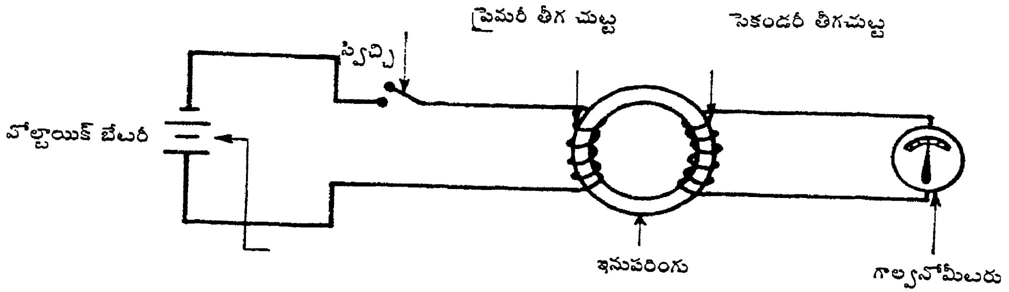
ఈ నమ్మకంతో ఫేరడే రకరకాలుగా ప్రయోగాలు చేశాడు. తన దగ్గరున్న అతి శక్తిమంతమైన అయస్కాంతానికి దగ్గరలో రాగి తీగనుంచి, అందులో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుందేమోనని దానికొసలు బహుసున్నితమైన గాల్వనోమీటరుకి తగిలించి చూశాడు. కాని, విద్యుత్తు కనపడలేదు. తీగని అయస్కాంతక్షేత్రంలో రకరకాల భంగిమలలో అమర్చి చూశాడు. అయస్కాంతాన్ని తీగకు పైన పెట్టేడు, క్రింద పెట్టేడు, ఏటవాలుగా పెట్టేడు. రకరకాల లోహాలతో చేసిన తీగలు వాడిచూశాడు. విద్యుత్తు ఉనికిని పరిశీలించడానికి రకరకాల పద్ధతులు (గాల్వనోమీటరు, స్పార్కులు, నీళ్లల్లో బుడగలు వచ్చే ఎలక్ట్రోలసిస్ వగైరా) ఉపయోగించి చూశాడు. "విద్యుత్తు ససేమిరా కనబడలేదు" అని 1824 డిసెంబరులో తన నోటు పుస్తకంలో వ్రాసుకున్నాడు. 1825 నవంబరులో "లాభంలేదు" అని వ్రాసుకున్నాడు. 1828 ఏప్రిల్‌లో మరో విశ్వప్రయత్నం చేశాడు. ఫలితం శూన్యం. అతడిలో ఓర్పు నశించిపోతోంది.

అంతలో అతడికొక సందేహం వచ్చింది. అయస్కాంతం పక్కని తీగముక్క పెట్టినంత మాత్రాన ఆ తీగలో నిరంతరాయంగా విద్యుత్తు ప్రవహిస్తూపోవడం ఎలా సాధ్యం? ఇది ప్రకృతి సూత్రాలకే విరుద్ధం కదా? ఏమంటే శక్తి ఖర్చు పెడితేనే మరో రూపంలో శక్తి లభిస్తుంది. శక్తి రూపాంతరాలు చెందగలదే కాని దానిని సృష్టించడం అసాధ్యమని భౌతిక విజ్ఞానశాస్త్రం ఘోష పెడుతోందికదా? అటువంటప్పుడు ఇంత అనాయాసంగా విద్యుచ్ఛక్తి తయారవుతుందని ఆశించడం ఎంత తెలివితక్కువ పని? ఈ విషయం గ్రహించడానికి నాకు ఇంతకాలం పట్టిందా?

సరిగ్గా ఇటువంటి తర్కంమీదనే వోల్టాయిక్ బేటరీ పనిచేసే విధానం విషయంలో దానిని కనిపెట్టిన వోల్టా పొరబడ్డాడని ఫేరడే అనుమానించాడు. రెండు వేరువేరు లోహపు ముక్కల మధ్యని తడిసిన అట్టముక్క పెట్టినంత మాత్రాన విద్యుత్తు ఎల్లా తయారవుతుంది? అక్కడ జరుగుతున్నది రసాయనక్రియ అని వోల్టా ఎరగడు. రసాయనశక్తిని ఖర్చుపెట్టడంవల్లనే వోల్టాయిక్ పైల్‌నుంచి విద్యుచ్ఛక్తి వస్తోందని ఫేరడే సరిగ్గా ఊహించాడు.

మరి అయితే అయస్కాంతాన్ని ఏమిచేస్తే విద్యుత్తు పుడుతుంది? ఏదో కొత్త ఆలోచన వచ్చింది. మంచం మీద పడుకుని, నిద్రపట్టక అటూ ఇటూ దొర్లుతున్న ఫేరడే చటుక్కున లేచాడు. గబగబా లేబరేటరీకి బయలుదేరేడు. అది గమనించికూడా ఆయన భార్య ఏమీ మాట్లాడలేదు. అది ఆమెకి అలవాటే.

ఒక అంగుళం మందంగల ఇనుపకడ్డీని గుండ్రంగా వంచిన ఆరు అంగుళాల



స్విచ్చి మూసినప్పుడూ, తెరిచినప్పుడూ
గాల్వనో మీటరులో ముల్లు కదులుతుంది.

వ్యాసంగల అవిచ్ఛిన్నమైన రింగు తీసుకున్నాడు. ఆ రింగులో సగభాగంమీద రబ్బరు తొడుగు ఉన్న రాగితీగతో కొన్ని చుట్లు చుట్టి, దాని కొసలు వోల్టాయిక్ బేటరీ ధ్రువాలకి కలిపేడు. అల్లాగే రబ్బరు తొడుగున్న మరో తీగ తీసుకుని, అదే ఇనుపరింగు యొక్క మిగిలిన సగభాగంమీద కొన్ని చుట్లు చుట్టి ఆ తీగ కొసలను గాల్వనోమీటరుకి కలిపేడు. ఏమీ అవలేదు. ఇనుపరింగును కదిలించేడు, ఏమీ అవలేదు. విసుగెత్తి బేటరీ దండుగకూడా ఎందుకని దానికి కలిపిన ఒక తీగ కొస విప్పేశాడు. వెంటనే గాల్వనోమీటరు ముల్లు రివ్వున కదిలి, మళ్లీ యథాస్థితికి వచ్చేసింది! ఫేరడే ఆశ్చర్యపోయాడు. ఒకే ఇనుపరింగుకి చుట్టబడి ఉండడంతప్ప రెండు తీగలకీ ఏ సంబంధమూ లేదు. బేటరీ కలిపి ఉన్నంతసేపూ గాల్వనోమీటరులో ఏవిధమైన చలనమూ లేదు. అవతల బేటరీకి కలిపిన తీగ విప్పెయ్యగానే ఇవతలితీగలో విద్యుత్తు ప్రవహించడమేమిటి? తాను పొరబాటుగా చూశానేమో అని ప్రైమరీ తీగ కొసని మళ్లీ బేటరీకి కలిపేడు. వెంటనే గాల్వనోమీటరు ముల్లు మరోవైపుకి తిరిగి మళ్లీ యథాస్థితికి వచ్చేసింది! బేటరీ కలిపినప్పుడు ఒకసారి, విడదీసినప్పుడు ఒకసారి గాల్వనోమీటరు ముల్లు చెరి ఒక దిశలోనూ కదులుతోంది. అది అయినా ఒక్క క్షణకాలం. ఆ తరవాత బేటరీ కలిపిఉంచినాసరే గాల్వనోమీటరు ఏమీ చూపించదు.

ఫేరడేకి అర్థం అయింది. ప్రైమరీ తీగను బేటరీ ధ్రువాలకు కలిపితే ఆ తీగలో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. ఇనుపరింగు అయస్కాంతంగా మారుతుంది. స్థిర అయస్కాంతానికి సెకండరీ తీగచుట్టలో విద్యుత్తు పుట్టించేశక్తి లేదు. అందుకనే గాల్వనోమీటరులో ముల్లు కదలదు. బేటరీ కలిపినప్పుడు ఒకసారి, విప్పేసినప్పుడు ఒకసారీ కరెంటు మారుతుంది కనుక అయస్కాంత క్షేత్రం కూడా మారుతుంది. మారుతున్న అయస్కాంతక్షేత్రానికి

మాత్రమే విద్యుత్తును సృష్టించే శక్తి ఉంది. అందుకనే బేటరీ కలిపినప్పుడు, విప్పినప్పుడూ మాత్రమే సెకండరీ తీగచుట్టలో విద్యుత్తు పుట్టింది, గాల్వనోమీటరులో ముల్లు కదిలింది.

మరొక ముఖ్యమైన సంగతి. బేటరీ కలిపినప్పుడు అయస్కాంత క్షేత్రబలం శూన్యంతో మొదలై పైకి పెరుగుతుంది; బేటరీ విప్పేసినప్పుడు అయస్కాంతక్షేత్రం హెచ్చు స్థితినుంచి శూన్యానికి తగ్గిపోతుంది. ఈ భేదం వల్లనే ఈ రెండు సమయాలలోనూ సెకండరీ తీగచుట్టలో విద్యుత్తు ప్రవహించే దిశలు పరస్పర వ్యతిరేకంగా ఉంటాయి. కనుకనే గాల్వనో మీటరులో ముల్లు పరస్పర వ్యతిరేక దిశలలో కదిలింది.

అది 1831 ఆగస్టు 29వ తేదీ. చరిత్రలో మొట్టమొదటిసారి అయస్కాంతం నుంచి విద్యుత్తు పుట్టింది. అది క్షణికమే కావచ్చు. దానివల్ల ఉపయోగం ఏమిటంటే అది వేరేమాట. ఇంతవరకూ ఎవ్వరూ చెయ్యలేని మహత్తరకార్యాన్ని మైకేల్ ఫేరడే ఒంటిచేతితో సాధించాడు. అతని పది సంవత్సరాల తపస్సు ఫలించింది. ఆనాడు క్షణకాలంపాటు గాల్వనోమీటరు ముల్లును కదిలించిన అల్పాల్పమైన శక్తి త్వరలోనే ప్రపంచపు రూపురేఖలనే మార్చి వేయబోతోంది.

విద్యుత్ శాస్త్ర చరిత్రలో ఇది అద్వితీయమైన ఆవిష్కరణ. అలనాడు ఏంబర్‌ని ఉన్నిబట్టతో రుద్ది, స్థిర విద్యుత్తును సృష్టించి ఈ శాస్త్రానికి థేల్స్ పండితుడు అంకురార్పణ చేశాడు. 23 శతాబ్దాల తరవాత రసాయనశక్తిని విద్యుచ్ఛక్తిగా మార్చే పద్ధతిని వోల్టా కనుక్కున్నాడు. మరో 30 ఏళ్ల తరవాత అయస్కాంతం నుంచి విద్యుత్తును తయారుచేసే పద్ధతిని ఫేరడే కనిపెట్టేడు.

ఇది జరిగిన కొద్దిరోజుల తరవాత రాయల్ ఇన్‌స్టిట్యూషన్‌లో ఒక శుక్రవారం సాయంకాలం సామాన్యులకు ఉద్దేశించిన ఉపన్యాసంలో ఇక్కడ వివరించిన ప్రయోగాన్నే అందరిముందరా ప్రదర్శించాడు ఫేరడే. బేటరీ తగిలించినప్పుడూ, విడదీసినప్పుడూ గాల్వనోమీటరు ముల్లు ఎల్లా కదులుతుందో చూపించి, కారణం వివరించాడు.

ఒడిలో చంటిబిడ్డను పెట్టుకుని, ముందరి వరుసలో కూర్చుని ఆ ఉపన్యాసం వింటున్న ఒకావిడకి పెద్ద సందేహం వచ్చింది. "ఆ మీటరులో ముల్లు కదిలితే వచ్చే ఉపయోగం ఏమిటి?" అని అడిగేసింది.

ఫేరడే ఒక్క క్షణం ఆగి, ఇల్లా సమాధానం ఇచ్చాడు. "మీ ఒడిలో ఉన్న ఆ *చంటిబిడ్డవల్ల ఉపయోగం ఏమిటి అని ఎవరైనా ప్రశ్నిస్తే దానికి మీ సమాధానం ఏమిటో దీనికీ అంతే".*

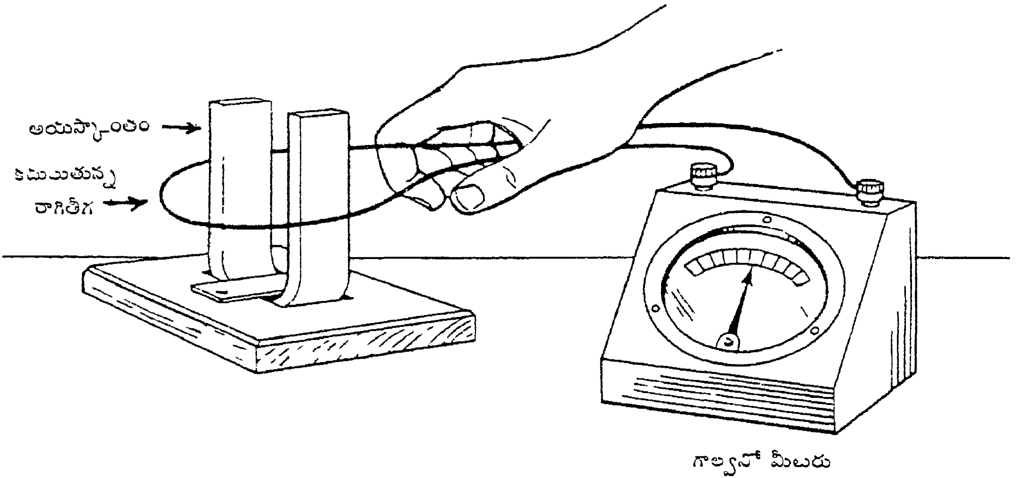
* * *

తరవాత వేడిమినుంచి, వెలుగునుంచి, వత్తిడినుంచి విద్యుత్తు తయారు చేసే

పద్ధతులు కనుగొన్నారు. కానీ ఆ విద్యుత్తులు బహు అల్పమైనవి. మిగిలిన అన్ని పద్ధతులలోనూ కలిపి ఏర్పడే విద్యుత్తుకన్న ఈ నాడు ప్రపంచంలో ఫేరడే పద్ధతిలో తయారవుతున్న విద్యుత్తు అనేక కోట్ల రెట్లు అధికం; రసాయనపద్ధతిలో ఏర్పడే విద్యుత్తుది రెండవస్థానం.

తన అన్ని ఆవిష్కరణలకిలాగే దీనికి కూడా పేటెంటు తీసుకోడానికి ఫేరడే నిరాకరించాడు.

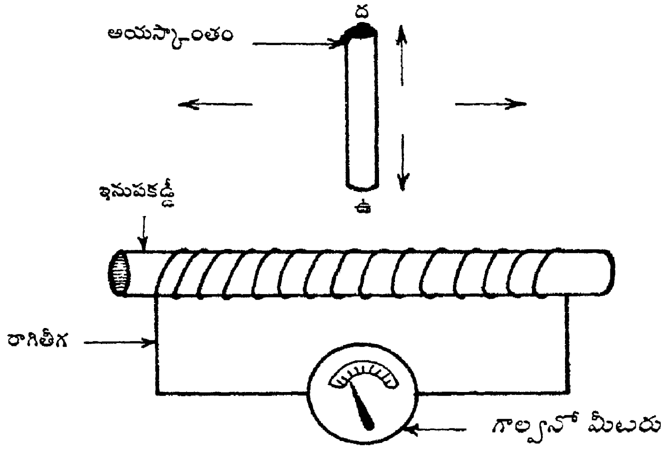
స్థిరఅయస్కాంతక్షేత్రం ఎంత బలీయమైనదైనా అది తీగచుట్టలో విద్యుత్తును ప్రేరేపించలేదు. అస్థిర అయస్కాంతక్షేత్రం మాత్రమే విద్యుత్తును ప్రేరేపిస్తుంది. అని ఈ చిన్న ప్రయోగం నిరూపించింది. అయితే అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని మార్చగల పద్ధతులేమిటా అని ఫేరడే వెంటనే పరిశోధన మొదలు పెట్టేడు.



అయస్కాంతాన్ని స్థిరంగా ఉంచి, తీగచుట్టని కదిలిస్తే విద్యుత్తు ప్రవహించి ముల్లు కదులుతుంది

ఇనుపకడ్డీమీద రబ్బరు తొడుగున్న రాగితీగను చుట్టి, దాని కొసలు గాల్వనోమీటరుకి తగిలించి, ఒక దండ అయస్కాంతాన్ని ఆ తీగచుట్టకి దగ్గరగా తీసుకువెళ్లేడు. గాల్వనోమీటరు ముల్లు కదిలి, మళ్లీ యధాస్థానానికి వచ్చేసింది.

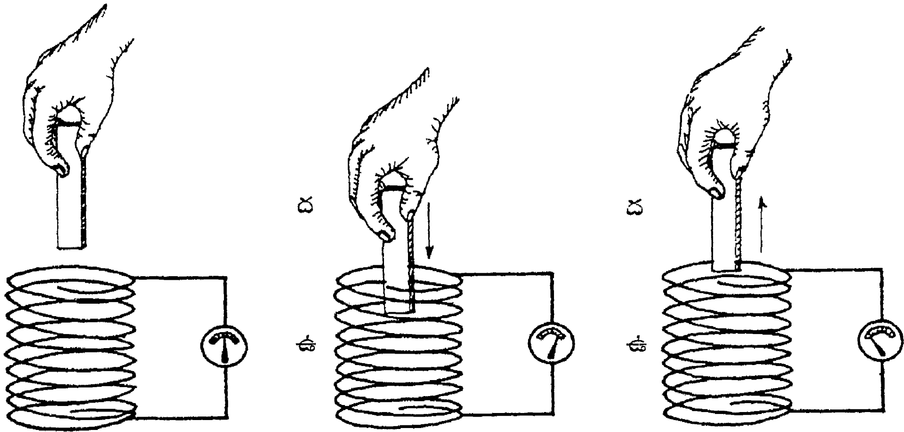
అయస్కాంతాన్ని దూరంగా తీసుకువెళ్లేడు. ముల్లు ఈసారి వ్యతిరేక దిశలో కదిలి, మళ్లీ యధాస్థితికి వచ్చేసింది.



తీగచుట్టని స్థిరంగా ఉంచి అయస్కాంతాన్ని కదిలిస్తే విద్యుత్తు ప్రవహించి ముల్లు కదులుతుంది

అయస్కాంతాన్ని స్థిరంగా ఉంచి తీగచుట్టని కదిలించినా, తీగచుట్టని స్థిరంగా ఉంచి అయస్కాంతాన్ని కదిలించినా ఫలితం ఒకటే.

రాగితీగని రోకలిమీద చుట్టి, ఆ తరవాత రోకలి లాగేసి, ఆ తీగచుట్టల గొట్టంలో దండ అయస్కాంతాన్ని దూర్చితే ముల్లు చాలా ఎక్కువగా కదులుతుంది. అయస్కాంతాన్ని



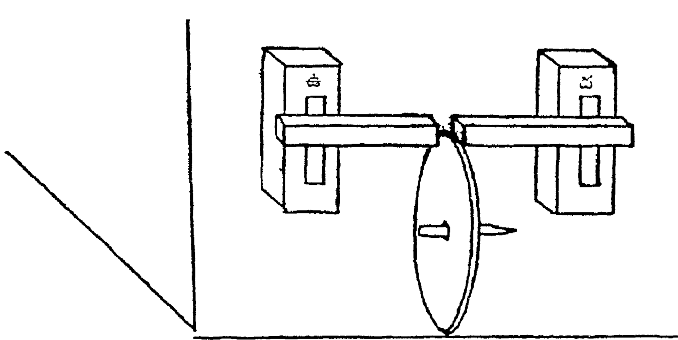
అయస్కాంతాన్ని తీగచుట్టలో దూర్చినప్పుడు ఒక దిశలోనూ, బయటికి తీసినప్పుడు వ్యతిరేక దిశలోనూ విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది.

తీగచుట్టలోంచి బయటికి తీస్తే ముల్లు వ్యతిరేక దిశలో మళ్లీ కదులుతుంది. అయస్కాంతాన్ని ఎంత వేగంగా కదిలిస్తే ముల్లు అంత అధికంగా కదులుతుంది.

తీగని ఇనుపకడ్డీమీద చుడితే అధికంగానూ, కర్రమీద చుడితే అల్పంగానూ విద్యుత్ ప్రేరణ జరుగుతుంది.

ఇంతవరకూ ఫేరడే సాధించినది క్షణిక విద్యుత్ ప్రవాహం (Current Pulse) మాత్రమేకాని, స్థిరమైన కరెంటుకాదు. అటు తరువాత దీనినికూడా సాధించాడు. ఇందుకోసం నిరంతర చలనం అవసరం.

ఫేరడే చక్రం



రెండు బలమైన అయస్కాంత ధ్రువాల మధ్య ఒక రాగిచక్రాన్ని గిరగిరా తిప్పి, దాని ఇరుసు నుంచీ అంచునుంచీ (బ్రష్షుల సాయంతో) రెండు తీగలను తీసి, గాల్వనోమీటరుకి కలపగా అందులో స్థిరమైన విద్యుత్ప్రవాహం కనబడింది! ఇందులో మరో సౌకర్యం ఏమిటంటే – అయస్కాంతాన్ని (లేదా తీగచుట్టని) ముందు వెనుకలకు కదిలించడంకన్న చక్రాన్ని గిరగిరా తిప్పడం సులభం.

ఇదే మొట్టమొదటి ఎలక్ట్రిక్ జెనరేటర్.

దీని తరవాత ఫేరడే సాధించదలుచుకున్న విషయం మనకీనాడు చిత్రంగానే కనిపిస్తుంది. అదేమిటంటే –

"ప్రేరణ" (Induction) వల్ల పుట్టిన ఈ శక్తి విద్యుత్తేనని రుజువేమిటి? అది మరొక కొత్తరకం శక్తి కాకూడదా? అది నిజంగా విద్యుత్తే అయితే విద్యుత్తుకి సాధారణంగా ఉండే లక్షణాలన్నీ దీనికి ఉన్నాయా? ఉదాహరణకి: దీనివల్ల రవ్వలు వస్తాయా? దీనివల్ల

కష్పకాలు కదులుతుందా? దీనివల్ల మనిషికి షాక్ తగులుతుందా? దీని ప్రవాహంవల్ల తీగ వేడెక్కుతుందా? రసాయన ద్రావకాలు దీని ప్రవాహంవల్ల విశ్లేషణానికి (Electrolysis) గురి అవుతాయా?

తాను నిర్మించిన యంత్రంతో తయారైన కొత్త శక్తి మీద ఈ పరీక్షలన్నీ జరిపి చూశాడు ఫేరడే. అంతా యథావిధిగా వోల్టాయిక్ బేటరీ నుంచి వచ్చిన విద్యుత్తుతో జరిగినట్లే జరిగింది. ఇండక్షన్‌వల్ల తయారైనది విద్యుత్తేననడానికి సందేహం ఏమీ లేదు.

ఫేరడే పేరు ప్రఖ్యాతులు ప్రపంచమంతటా విస్తరించాయి. రాయల్ సొసైటీకి ప్రెసిడెంటుగా అతడిని ఎన్నుకున్నారు. ఏ శాస్త్రజ్ఞుడికైనా లభించదగ్గ గౌరవానికి ఇది పరాకాష్ఠ. కాని, తనకా పదవి అక్కరలేదని నిరాకరించాడు ఫేరడే. ఆ తరవాత తాను పనిచేస్తున్న రాయల్ ఇనిస్టిట్యూషన్‌కి ప్రెసిడెంటుగా ఉండమంటే అది కూడా వద్దన్నాడు. "సర్" బిరుదునిస్తే అక్కర్లేదనీ, తాను మామూలు మైకేల్ ఫేరడేగానే ఉండిపోతాననీ జవాబిచ్చాడు.

సన్మానాలూ, బిరుదులూ, పతకాలూ శ్రావణమాసపు వానజల్లుల్లాగ ప్రపంచం నలుమూలలనుంచీ వచ్చిపడిపోతూ ఉంటే నిరాడంబర మనస్తత్త్వపు గొడుగు అడ్డం పెట్టుకుని, ఒక్క చినుకు అయినా మీద పడకుండా కాచుకున్నాడు ఫేరడే. రాయల్ ఇన్‌స్టిట్యూషన్‌లో శుక్రవారం సాయంకాలపు పాప్యులర్ సైన్సు ఉపన్యాసాలకు తప్ప మరి ఏ ఇతర సభలకూ వెళ్లే వాడు కాదు. తన రెండు గదుల ఇంట్లో – తన భార్యతో కలిసి ఏ సంగీత కచేరీలకో వెళ్లిరావడం తప్ప మరే విధమైన సాంఘిక సంపర్కాలూ లేని "వానప్రస్థం" స్వీకరించాడు.

విద్యుత్ పరిశోధనలు మొదలుపెట్టిన తొలి రోజులలో పారిశ్రామిక సంస్థలకి సాంకేతిక విషయాలలో కలిగే ఇబ్బందులు పరిష్కరించడానికి పరిశోధనలు జరిపి 1100 పౌనులు వచ్చే రాబడిని ఐచ్ఛికంగా వదులుకున్నాడని చెప్పుకున్నాం కదూ? బీదరికం అంటే అతడికి భయం ఏమీ లేదు. బ్రిటిష్ గవర్నమెంటుకి సంబంధించిన లైట్‌హౌస్ అభివృద్ధి వగైరా పనులు మళ్లీ మొదలుపెట్టేడు, కానీ దానికి ప్రతిఫలం తీసుకోనన్నాడు.

ఎలక్ట్రికల్ ఇంజనీరింగుశాఖలో అతి ముఖ్యమైన పరికరాలు మూడు ఉన్నాయి.

1. డైనమో : చలనశక్తిని విద్యుచ్ఛక్తిగా మారుస్తుంది.
2. మోటారు : విద్యుచ్ఛక్తిని చలనశక్తిగా మారుస్తుంది.
3. ట్రాన్స్‌ఫార్మర్ : A.C. వోల్టేజి హెచ్చించడంగానీ, తగ్గించడంగానీ చేస్తుంది.

ఈ మూడు పరికరాలకీ ప్రాతిపదిక వేసినవాడు మైకేల్ ఫేరడేయే.

రుద్దుడువల్ల స్థిరవిద్యుత్తు సృష్టించడంతో పోల్చితే వోల్టా నిర్మించిన రసాయనఘటం (Chemical Cell) ఒక పెద్ద అంగ ముందుకు వేసినట్లుగా భావించవచ్చు. ఆ వోల్టాయిక్

బేటరీతో పోల్చితే ఫేరడే కనిపెట్టిన అస్థిర అయస్కాంతంనుంచి విద్యుత్తును సృష్టించే డైనమో మరో పెద్ద గంతు కింద లెక్క.

గత 300 ఏళ్లుగా కేవలం ఆటవస్తువుగా ఉంటూ వచ్చిన ఎలక్ట్రిసిటీ ఒక్కసారిగా మానవుని చేతిలో మహాశక్తిగా మారిపోయింది. కాని, ఈ శక్తి వట్టినే అప్పనంగా లభ్యంకాదు. తీగచుట్టనుగానీ, అయస్కాంతాన్నిగానీ నిరంతరమూ కదిలిస్తూ ఉండాలి. ఇల్లా కదిలించడానికి శక్తిని ఖర్చుపెట్టాలి. ఈ చలనశక్తి మానవుని భుజబలంనుంచే రానక్కరలేదు. వ్యర్థంగా సముద్రం పాలవుతున్న నదీజలాలు ఉన్నాయి. ఆ జల ప్రవాహ, జలపాతశక్తిని ఉపయోగించి విద్యుత్తును తయారు చేసుకోవచ్చు. అల్లాగే వాయు ప్రవాహశక్తిని ఉపయోగించుకోవచ్చు. ఆవిరిశక్తిని ఉపయోగించుకోవచ్చు.

ఫేరడే కేవలం పరిశోధకుడేగాని, ఇంజనీరుకాదు. లేబరేటరీ బల్లమీద గుప్పెడు సైజులో డైనమో నిర్మించి, విద్యుత్తును ఎల్లా తయారు చేసుకోవచ్చునో లోకానికి చూపించడం వరకే అతడిపని. దానిని కనిపెట్టడానికి పదేళ్లపాటు హద్దులేని శ్రమపడ్డాడు. ఒక్క పైసా ప్రతిఫలం ఆశించని అతడి పరిశ్రమను ఉపయోగించుకుని లోకం ఏటా కోటానుకోట్ల ద్రవ్యం సంపాదిస్తోంది.

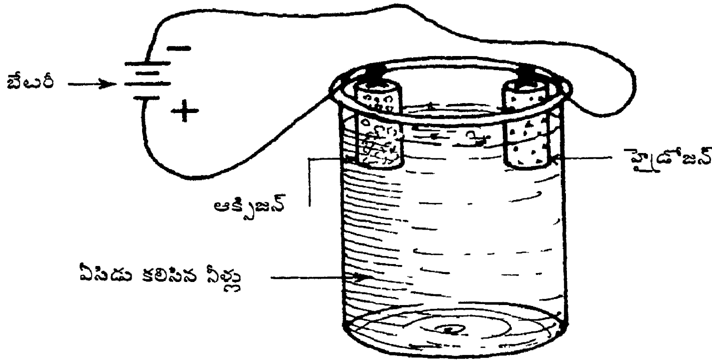
అదీ ఫేరడే చేసిన పని. దానికి తగ్గ ప్రతిఫలం ఎప్పటికో అప్పటికి లభించకపోదు. 47వ ఏట అతడికి పెద్ద జబ్బు చేసింది. అది "నెర్వస్ బ్రేక్ డౌన్" అన్నారు. అతడికి కావలసినది పూర్తి విశ్రాంతి. ఐదు సంవత్సరాలపాటు సారా చేసిన సేవతో కోలుకున్నాడు. ఈ అయిదేళ్లూ అతడు నరకం అనుభవించేడు. దీనికి కారణం – తాను సగంలో వదిలేసిన విద్యుత్ పరిశోధనలు అల్లాగే మిగిలిపోయాయే అనే పరివేదన.

1843 లో మళ్లీ లేబరేటరీకి వచ్చాడు. వయస్సు 50 దాటింది. అతడి మేధస్సు చురకత్తిలాగే ఉంది కానీ, శరీరం లొంగిపోయింది. అయినాసరే, కెమిస్ట్రీలో, ఫిజికల్ కెమిస్ట్రీలో, జియాలజీలో, మెటలర్జీలో అతడు ఆ తరవాత చాలా ముఖ్యమైన పరిశోధనలు చేశాడు. వాటిలో "విద్యుత్ విశ్లేషణ" (Electrolysis) మీద అతడు చేసిన కృషి మన విద్యుత్తుకథకు చాలా ముఖ్యమైనది.

రసాయన సంయోజనాల మీద విద్యుత్తు ప్రభావం

వోల్టాయిక్ పైల్ కనిపెట్టబడిన రెండు నెలల తరవాత 1800వ సంవత్సరంలో నికల్సన్, కార్లైల్ అనే ఇద్దరు బ్రిటిష్ పరిశోధకులు నీటిలో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తే ఏమవుతుందో చూద్దామని చిన్న ప్రయోగం చేశారు. గాజు బీకరులో నీళ్లు పోసి, అందులో కొద్ది చుక్కల

ఏసిడువేసి, రెండు రాగితీగలు (ఎలక్ట్రోడులు) ఆ నీళ్లల్లో ముంచి, వాటిని వోల్టాయిక్ బేటరీ తాలూకు రెండు ధ్రువాలకు కలిపేరు.



విద్యుద్విశ్లేషణం

వెంటనే ఆ ఎలక్ట్రోడులమీద చిన్న చిన్న బుడగలు ఏర్పడి, నీటిపైకి రావడం గమనించారు. ఆ బుడగలను వేరు వేరు టెస్ట్‌ట్యూబులలోకి పట్టి, పరిశీలించగా ధనధ్రువం దగ్గర ఆక్సిజన్ వాయువు, రుణధ్రువం దగ్గర హైడ్రోజన్ వాయువు తయారయాయని కనిపెట్టేరు. ఆక్సిజన్‌వాయువుకి రెట్టింపు హైడ్రోజన్ వాయువు విడుదల అవుతోందని తూకం వేసి తెలుసుకున్నారు.

రెండు పాళ్లు హైడ్రోజన్, ఒక పాలు ఆక్సిజన్ కలిస్తే నీరు ఏర్పడుతుందని అంతకుముందే తెలుసు. దీనినిబట్టి విద్యుత్ప్రవాహంవల్ల నీటి అణువులు హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్ పరమాణువులుగా విడిపోయాయని తెలుసుకున్నారు. దీనికి "విద్యుత్ విశ్లేషణం" (Electrolysis) అని పేరుపెట్టేరు.

సోడియం, పొటాసియం ధాతువులు

ఇది చాలా విలువైన ఆవిష్కరణఅని హంఫ్రీ డేవీ వెంటనే గ్రహించాడు. దీని సాయంతో ఎటువంటి రసాయన సంయోజనాన్ని అయినా సరే పగులగొట్టి, మూలపదార్థాలను విడదీయవచ్చునని తెలుసుకున్నాడు. చాలాకాలంగా రసాయన శాస్త్రజ్ఞులను ఇబ్బంది పెడుతున్న సోడియం, పొటాసియం లోహాలను ధాతురూపంలో విడదీయాలని నిశ్చయించుకున్నాడు.

సోడియం కార్బనేటు (సోడా), పొటాసియం కార్బనేటు (పొటాష్) ప్రకృతిలో విరివిగా దొరుకుతాయి. వీటిని గురించి వెయ్యి సంవత్సరాలుగా సువర్ణ యోగులకు తెలుసు. సోడా ద్రావణంలో సున్నం కలిపితే సుద్ద కిందికి దిగిపోయి, వర్ణరహితమైన ద్రవం మిగులుతుంది. ఈ ద్రవాన్ని వడబోసి మరిగిస్తే తెల్లని స్ఫటికాలు ఏర్పడుతాయి. వీటిని ముట్టుకుంటే కాలుతుంది; అందుకనే దీనిని "కాస్టిక్ సోడా" (సోడియం హైడ్రాక్సైడ్) అన్నారు. సరిగ్గా ఇదే పద్ధతిలో పొటాష్‌ను ఉపయోగించి, ఇదే లక్షణాలుగల "కాస్టిక్ పొటాష్" (పొటాసియం హైడ్రాక్సైడ్) తయారు చేయవచ్చు. ఇవి ఆక్సిజన్ కలిసిన లోహ సంయోజనాలు అన్నాడు లెవాయిజర్. కానీ, వీటిని విడగొట్టి, అందులోని లోహధాతువులను వేరు చేయడం ఎవ్వరికీ సాధ్యం కాలేదు. ఈ ధాతువులు చాలా చురుకైనవి కావడమే ఇందుకు కారణం. ఇవి అతివేగంగా ఇతర ధాతువులతో సంయోగం చెందుతాయి.

వీటిని విడగొట్టడానికి డేవీ పూనుకున్నాడు. ఈ పనికి విద్యుత్తును ఉపయోగించదలుచుకున్నాడు. ఇందు కోసం 6 X 4 అంగుళాల సైజుగల రాగి, జింకు బిళ్లలతో నిర్మించిన 250 వోల్టాఘటాల బేటరీ తయారుచేశాడు. చిక్కని పొటాష్ ద్రావణంలో ముంచిన ఎలక్ట్రోడులను ఈ బేటరీకి కలిపేడు. వెంటనే బుడగలు రావడం మొదలు పెట్టేయి కానీ, ఆ ద్రావణంలోని నీరు మాత్రమే హైడ్రోజన్, ఆక్సిజనులుగా విడిపోవడంతప్ప మరేమీ జరుగలేదు. అంటే అందులోనీళ్లు ఉంటే లాభం లేదన్నమాట. కనుక నీరులేని పొటాష్ తీసుకుని, దానిని ప్లాటినం మూసలో కరిగించాడు. మూసని బేటరీ తాలూకు ధనధ్రువానికి తగిలించి, ఋణధ్రువాన్ని ఆ ద్రవంలో ముంచేడు. త్వరలోనే ఋణధ్రువం దగ్గర వెలుగు కనబడింది; పెద్ద మంట వచ్చింది. అక్కడ మండే వస్తువేదో తయారవుతోంది. ఆ వస్తువు నిగనిగా మెరుస్తూ పూసలు పూసలుగా ఏర్పడుతోంది.

ఆ పూసలవంటి మండే వస్తువే పొటాసియం ధాతువు అని 1807 అక్టోబరు 6వ తేదీని డేవీ తన డైరీలో వ్రాసుకున్నాడు. తరవాత సోడియమును కూడా ఇదే పద్ధతిలో విడదీయగలిగేడు.

క్లోరిన్

1774లో స్వీడిష్ రసాయన శాస్త్రజ్ఞుడు షీల్ మాంగనీస్ డై ఆక్సైడుకి హైడ్రో క్లోరిక్ ఏసిడు కలిపి వేడిచేస్తే ఏదో ఆకుపచ్చని వాయువు వస్తుందని కనుగొన్నాడు. ఆ వాయువుకి "డీ ఫ్లొజిస్టికేటెడ్ మైరెన్ ఏసిడ్ వాయువు" అని పేరు పెట్టాడు ఆ కాలపు ఆనవాయితి ప్రకారం. అది ఆక్సిజన్ సంయోజనం అనుకునేవారు.

ఆ వాయువులో ఎలక్ట్రోడుల మధ్య స్పార్కులు వచ్చేటట్లు చేశాడు డేవీ. అది సంయోజనమే అయితే విద్యుత్తువల్ల విడిపోవాలి. కానీ, ఎంతసేపు బలమైన స్పార్కులు

పంపినా ఆ వాయువు విశ్లేషణం చెందలేదు. ఇదీ, ఇంకా మరికొన్ని రసాయన లక్షణాలనూ గమనించి ఆ వాయువు మూలపదార్థమే కాని, సంయోజనం కాదని డేవీ నిశ్చయించాడు. గ్రీకు భాషలో "క్లోరస్" అంటే, ఆకుపచ్చ రంగు అని అర్థం ఉండడంచేత దానికి "క్లోరిన్" అని పేరుపెట్టేడు. దానికా పేరే స్థిరపడింది.

ఫేరడే విద్యుద్విశ్లేషణ సూత్రాలు

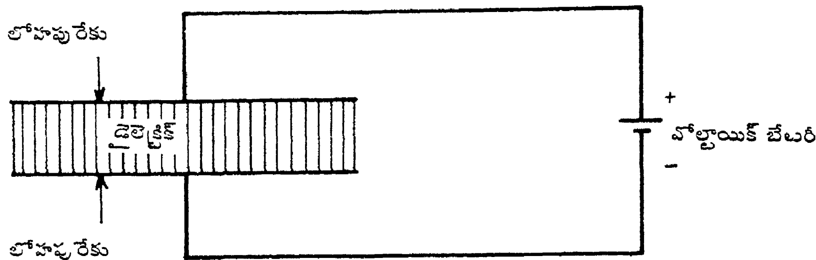
ఈ విద్యుద్విశ్లేషణ క్రియలో వాయువులు ఏ రేటున బయటికి వస్తాయి అనేది ఎలక్ట్రోడుల సైజుమీదగానీ, ద్రావణపు చిక్కదనంమీదగానీ ఆధారపడదనీ, విద్యుత్ ప్రవాహబలంమీదనే ఆధారపడుతుందనీ గేలుశాక్, థేనార్డ్ అనే శాస్త్రజ్ఞులు 1811లో గుర్తించారు. తరవాత 1833లో మైకేల్ ఫేరడే విద్యుద్విశ్లేషణ క్రియ మీద సమగ్ర పరిశోధనచేసి, రెండు సూత్రాలు తయారు చేశాడు.

1. ఏ ద్రావణమైనా సరే విద్యుత్తువల్ల విడిపోయే రేటు దానిలో ప్రవహించిన మొత్తం కరెంటుకి అనులోమంగా ఉంటుంది. 1 ఏంపియర్ కరెంటు 10 నిముషాలసేపు ప్రవహించినా, 10 ఏంపియర్ల కరెంటు ఒక్క నిముషంపాటు ప్రవహించినా ఒకటే. లేదా (కరెంటు X కాలము) మీద విశ్లేషణం ఆధారపడి ఉంటుంది.
2. విభిన్న రసాయన పదార్థాలలో విద్యుద్విశ్లేషణం ఏ రేటున జరుగుతుందో తెలియజేస్తుంది ఈ సూత్రం. ఇంత మొత్తం విద్యుత్తు ఈ ద్రావణంలో ప్రవహిస్తే ఏయే పదార్థాలు ఎంతెంత విడుదల అవుతాయో తెలుసుకోవచ్చు. ఉదాహరణకి హైడ్రో క్లోరిక్ ఏసిడు (Hcl) తీసుకుందాం. ఒక హైడ్రోజన్ పరమాణువు (H), ఒక క్లోరిన్ పరమాణువు (Cl) కలిపి ఏర్పడ్డ పదార్థం ఇది. అన్నిటి కన్న తేలికైన హైడ్రోజను పరమాణుభారం 1 అనుకుంటే, క్లోరిన్ పరమాణుభారం 35.5; ఈ ద్రవంలోనుంచి విద్యుత్తు ప్రవహింపజేస్తే Hcl అణువులు తెగి, ఋణధ్రువం దగ్గర హైడ్రోజన్ వాయువు, ధనధ్రువం దగ్గర క్లోరిన్ వాయువు తయారవుతాయి. ఒక గ్రాము హైడ్రోజన్ వాయువు తయారవడానికి ఎంత విద్యుత్తు అవసరమో, 35.5 గ్రాముల క్లోరిన్ తయారవడానికికూడా సరిగ్గా అంతే మొత్తం విద్యుత్తు అవసరం అని ఈ సూత్రం చెబుతోంది.

కండెన్సర్

లైడెన్ జార్‌లో విద్యుత్తు నిలువ ఉంటుందని మ్యూషెన్ బ్రూక్ కనుగొన్నాడు. ఆ విద్యుత్తు అంతా ఆ జార్ తాలూకు గాజు గోడలలో నిక్షిప్తమై ఉంటుందని మొట్టమొదట కేవెండిష్

తెలుసుకున్నాడు. కానీ, ఆయన కృషి లోకానికి చాలాకాలందాకా తెలియనే లేదు. విద్యుత్తును నిలువచేసేది కనుక దానికి "కండెన్సర్" అనీ, "కెపాసిటర్" అనీ పేర్లు పెట్టేరు. కండెన్సరులో నిలువ ఉండే విద్యుత్ ఛార్జి ఏయే విషయాలమీద ఆధారపడి ఉంటుందో నిర్ణయించినవాడు ఫేరడే.



కండెన్సర్

రెండు లోహ ఫలకాల మధ్యని "డైలెక్ట్రిక్" (విద్యున్నిరోధక పదార్థం) ఉంటే అది విద్యుత్తును నిలువచేసే కండెన్సరు అవుతుంది. పైనా, క్రిందా ఉన్న లోహఫలక లక్షణాలమీద అందులో నిలువ ఉండే విద్యుత్తు ఛార్జి ఆధారపడదు; మధ్యలోఉన్న డైలెక్ట్రిక్ లక్షణాలమీదా, దాని మందం మీదా ఆ పలకల వైశాల్యం మీదా, ఆ పలకల మధ్య దూరం మీదా, ఆ పలకలకు తగిలించిన వోల్టేజిమీదా ఆధారపడి ఉంటుంది అని ఫేరడే కనుగొన్నాడు. ఈ పరిశోధనకు గుర్తింపుగా కండెన్సరుయొక్క క్షమత (Capacity) కి ప్రమాణంగా "ఫేరడ్" (Farad) అనే మాటను ఉపయోగిస్తున్నారు.

వందలకొద్దీ వివిధ వైజ్ఞానిక సమస్యలకి సమాధానాలు వెతకడమే కాకుండా ఫేరడే సాధించదలుచుకున్న అతి ముఖ్యమైన ప్రకృతి రహస్యం మరొకటి ఉంది.

ప్రకృతిలో ఒకదానికొకటి పోలికలున్న శక్తులు కొన్ని కనిపిస్తున్నాయి. ఉదాహరణకి విద్యుచ్ఛక్తి, అయస్కాంతశక్తి, గురుత్వాకర్షణశక్తి, కాంతిశక్తి, ఉష్ణశక్తి.... ఇవి అన్నీకూడా దూరాన ఉన్న వస్తువులను ప్రభావితం చేస్తాయి. ఇవి అన్నీ "విలోమవర్గ సూత్రాన్ని" (Inverse Square Law) అనుసరిస్తాయి. ఇవి అన్నీ శూన్య ప్రదేశంలోంచి కూడా ప్రసరిస్తాయి. ఈ శక్తులన్నీ ఒకదానికొకటి సంబంధంలేని విభిన్న శక్తులుగా కనిపిస్తున్నప్పటికీ, వీటినన్నిటినీ బంధించే ఏకైక సామాన్య సూత్రం ఏదైనా ఉందా అని ఫేరడే ఆలోచించాడు. మొదటి రెండు శక్తులకీ సంబంధం తెలిసింది; ఒకదానినుంచి మరొకటి ప్రభవిస్తుంది. సరే మరి మిగిలిన శక్తులమాట ఏమిటి?

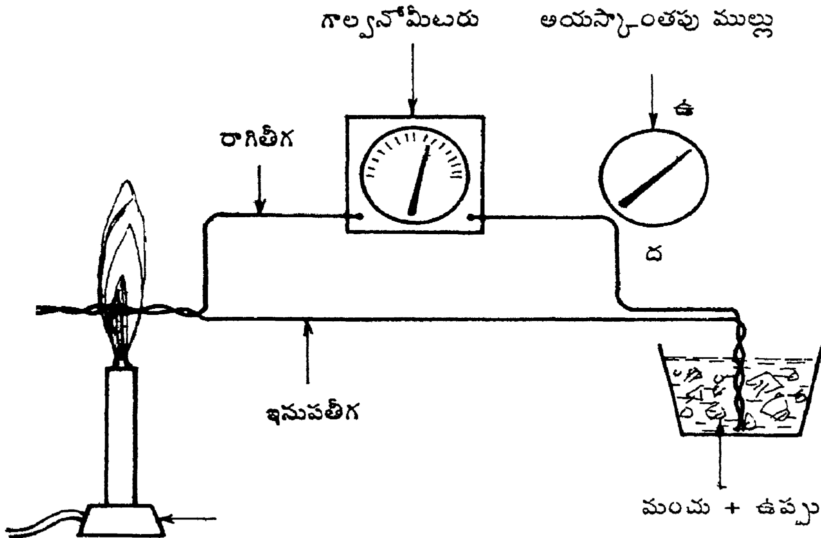
ఫేరడే గణిత శాస్త్రజ్ఞుడు కాకపోవడంచేత ఈ సమస్యకి సమాధానం అతడికి

దొరకలేదు. అతడి జీవితకాలంలోనే మాక్స్‌వెల్ అనే మరో బ్రిటిష్ శాస్త్రజ్ఞుడు విద్యుత్తునీ, అయస్కాంతాన్నీ, కాంతినీ, వేడినీ, రేడియో తరంగాలనీ కలిపి, ఒకే ఒక సూత్రంలోని బంధించగలిగేవాడు. అపూర్వమైన గణిత ప్రౌఢిమతో. ఈ విషయాన్ని తరువాత ప్రకరణంలో తెలుసుకుంటాం.

గురుత్వాకర్షణశక్తిని కూడా కలుపుకు రావడానికి మరో అర్ధ శతాబ్దం ఆగవలసి వచ్చింది. ఈ పని చేయగలిగిన మేధావి ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టైన్.

జోసెఫ్ హెన్రీ (1797–1878)

1837 ఏప్రిల్‌లో ఇంగ్లండులో ఒక లేబరేటరీలో పేరున్న సైంటిస్టులు ముగ్గురు సమావేశమై ఒక చిన్న ప్రయోగం చెయ్యడానికి ప్రయత్నిస్తున్నారు. "థెర్మో కపుల్" (Thermo Couple) తో స్పార్కులు వస్తాయో రావో చూద్దామని వారి ఉద్దేశం. రెండు



థెర్మో ఎలక్ట్రిసిటీ (సీ బెక్ ఎఫెక్ట్)

వేరు వేరు లోహాల తీగల కొసలు అతుకులుపెట్టి, ఒక అతుకును హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతలోనూ, రెండవ అతుకును అల్ప ఉష్ణోగ్రతలోనూ ఉంచితే ఆ తీగల వలయంలో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది.

దీనిని థెర్మో కపుల్ * అంటారు. ఇందులో ఒక తీగను కత్తిరించి గాల్వనోమీటరు ధ్రువాలకు కలుపుతే దాని ముల్లు కదులుతుంది. గాల్వనోమీటరు తీసేసి, ఆ తీగ కొసలు దగ్గరగా తెస్తే రవ్వలు వస్తాయా లేదా అని వాళ్లు చూస్తున్నారు.

వారిలో ఒకడు చార్ల్స్ వీట్‌స్టన్ (1802 – 1875) అనే ప్రసిద్ధ బ్రిటిష్ శాస్త్రజ్ఞుడు. రెజిస్టెన్స్ కొలవడానికి చక్కని సాధనం (Wheatstone's Bridge) కనిపెట్టినవాడు, విలియం ఫొదరింగ్ కుక్‌తో కలిసి, ఎలక్ట్రిక్ టెలిగ్రాఫు నిర్మించినవాడు ఇతడే *. రెండవవాడు మైకేల్ ఫేరడే. వీరిద్దరూ ఎన్నివిధాల ప్రయత్నించినా దెర్మో కపుల్‌నుంచి స్పార్కులు రావడంలేదు.



చార్ల్స్ వీట్‌స్టన్ *(1802 – 1875)*

అక్కడ ఉన్న మూడోవాడు అమెరికానుంచి కొత్తగా వచ్చిన అతిథి. ఆయన ఒక రాగి తీగ తీసుకుని, దానిని తన వేలిచుట్టూ పది చుట్లు చుట్టి, అందులోనుంచి వేలు తీసేసి దాని స్థానే ఒక ఇనుపకడ్డీని పెట్టి, "మీరు సిద్ధంగా ఉన్నామంటే నేను స్పార్కులు చూపించగలను" అని, థెర్మో కపుల్ తీగ కొసలు ఈ తీగచుట్ట కొసలకి తగిలించాడు. వెంటనే స్పార్కులు ధారాళంగా వచ్చాయి! ఫేరడే "హుర్రా!" అన్నాడు. "ఇంతకీ మీరు చేసినది ఏమిటి?" అని అడిగేడు.

"విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణం" (Electro-Magnetic Induction) కనిపెట్టి ప్రపంచ

* థెర్మో కపుల్‌ని గురించి వివరంగా తెలుసుకోదలచినవారు నా "సౌరశక్తికి సంకెళ్లు" చూడవచ్చు.

* కుక్ – వీట్‌స్టన్ టెలిగ్రాఫును గురించి వివరంగా తెలుసుకోదలచినవారు నా "టెలిగ్రాఫు కథ" చూడవచ్చు.



జోసెఫ్ హెన్రీ (1797 – 1878)

ప్రసిద్ధికెక్కిన మైకేల్ ఫేరడేకి "ఆత్మ ప్రేరణం" (Self Induction) అంటే ఏమిటో చూపించాడు జోసెఫ్ హెన్రీ.

బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్‌గారి స్థిరవిద్యుత్ ప్రయోగాలకీ, క్లెర్క్ మాక్స్‌వెల్‌గారి "విద్యుద్గతి సిద్ధాంతం" (Electro Dynamic Theory)కీ మధ్య ఒకటింబావు శతాబ్దం ఎడము, అపారమైన వైజ్ఞానిక సంపద ఉన్నాయి. ఈ విజ్ఞానంలో చాలాభాగం సృష్టించిన వ్యక్తి హెన్రీ; అది అయినా కేవలం 15 సంవత్సరాల (1829 – 1844) వ్యవధిలో స్వయంకృషితో అతడొక్కడూ సాధించినదే; కానీ, ఆయనగారి అపార వైజ్ఞానిక కృషిలో చాలా భాగం సాటి ప్రపంచపు గుర్తింపుకు నోచుకోనిదై పోయింది. దరిమిలాని ఆయన చేసిన ప్రయోగ పరిశోధనల విలువ అద్వితీయమైనదని లోకం గ్రహించింది.

పరిశోధనకు అంకితమైపోయిన హెన్రీని తోటి స్నేహితులు అర్థం చేసుకోలేక "అమెరికన్ సాహసం" ఇతడిలో బొత్తిగా పూజ్యం అనుకున్నారు. ఇతడి పరిశోధనలను వైజ్ఞానిక ప్రపంచం చిన్నచూపు చూసింది ఇతడు "యాంకీ" అని. ఇతడు చనిపోయాక ఇక్కడ బ్రహ్మాండమైన మేధావి మహా పరిశోధనలు చేసి, కీర్తి ప్రతిష్ఠలకు నోచుకోకుండా పోయాడని తరువాత తరాలవారు గ్రహించారు.

ఆఖరికి వైజ్ఞానికలోకం అతడి కృషిని ఆలస్యంగానైనా గుర్తించింది. ఏంపియర్, వోల్ట్, ఓమ్, ఫేరడేలతో బాటు "హెన్రీ" అనేది "ప్రేరకం" (Inductance) కి ప్రమాణంగా విద్యుద్రంగంలో సుస్థిరంగా నెలకొల్పబడింది.

అమెరికాలో ఆల్బనీ అనే చిన్న పట్టణానికి దగ్గరలో ఒక బీద ఇంట్లో పుట్టి పెరిగేడు జోసెఫ్ హెన్రీ. స్టోర్‌కీపర్ చేతికింద పనివాడుగా ఉన్న హెన్రీకి చదువుసంధ్యలు అట్టేలేవు. 13 ఏళ్ల వయస్సులో అతడు పెంచుకుంటున్న కుందేలు పారిపోగా దాని కోసం కన్నం

తప్పుకుంటూ వెళ్లి పైకి లేచేసరికి తాళంవేసి ఉన్న ఒక లైబ్రరీలో తేలేడు. ఆ కుందేలు సంగతి మరిచిపోయి అక్కడున్న నవలలు చదవడంలో పడిపోయాడు.

మరుసటేడు ఆల్బనీలో గ్రీన్ స్ట్రీట్ థియేటరులో నాటకాలలో వేషాలు వేయడానికి చేరి, రెండేళ్లు పనిచేశాడు.

అతని 16వ ఏట ఒక తమాషా జరిగింది. ఆరోజున జ్వరంగా ఉండి, థియేటరుకి వెళ్లలేక గదిలో పడుకుని ఉన్నాడు. అది ఒక బోర్డింగ్ హౌస్. పక్క మంచంకింద ఇంతకుముందు ఉన్నవాడెవడో వదిలిపోయిన పుస్తకం కనిపించింది. ఏమి చెయ్యడానికీ తోచక ఆ పుస్తకం తీసుకుని చదవడం మొదలు పెట్టేడు. అది ఒక పాప్యులర్ సైన్సు పుస్తకం. సంధించి వదిలిన బాణం నీవు వదిలిన దిశలో తిన్నగా వెళ్లక వంపు తిరుగుతూ పోతుందేమీ? మంటగానీ, పొగగానీ మన ప్రయత్నం లేకుండానే తిన్నగా పైకి పోతుందేమీ?.... వంటి ప్రశ్నలకు జవాబులు అందులో చక్కని భాషలో వ్రాసి ఉన్నాయి. బాగా పెద్దవాడయాక కూడా ఆ పుస్తకంలోని విషయాలు హెన్రీకి బాగా జ్ఞాపకం. ఆ విధంగా హెన్రీకి వైజ్ఞానిక ప్రపంచంతో తొలిపరిచయం ఏర్పడింది.

చిన్న చిన్న విషయాలలో హెన్రీ ఒకపట్టాన స్థిరంగా నిర్ణయించుకోలేక పోయేవాడు. ఒకనాడు బూట్లు కుట్టించుకుందామని మోచీ దగ్గరకు వెళ్లేడు. వేళ్లదగ్గర గుండ్రంగా ఉండాలో, నలు చదరంగంగా ఉండాలో తేల్చుకోలేక రోజుకోలాగ చెయ్యమని చెప్పడంతో విసుగెత్తిపోయిన మోచీ ఒక కాలికి గుండ్రంగానూ, రెండో కాలికి నలు చదరంగంగానూ కుట్టి ఇచ్చేడు. ముఖ్యమైన విషయాలలో మాత్రం హెన్రీకి నాన్పుడు వ్యవహారంలేదు. పూర్వ పరిచయం ఏమీ లేకుండానే హఠాత్తుగా నాటకాలలో వేషాలు వేయాలనుకున్నాడు ఒకప్పుడు. ఇప్పుడు తాను సైంటిస్టు కావాలని నిర్ణయించుకున్నాడు.

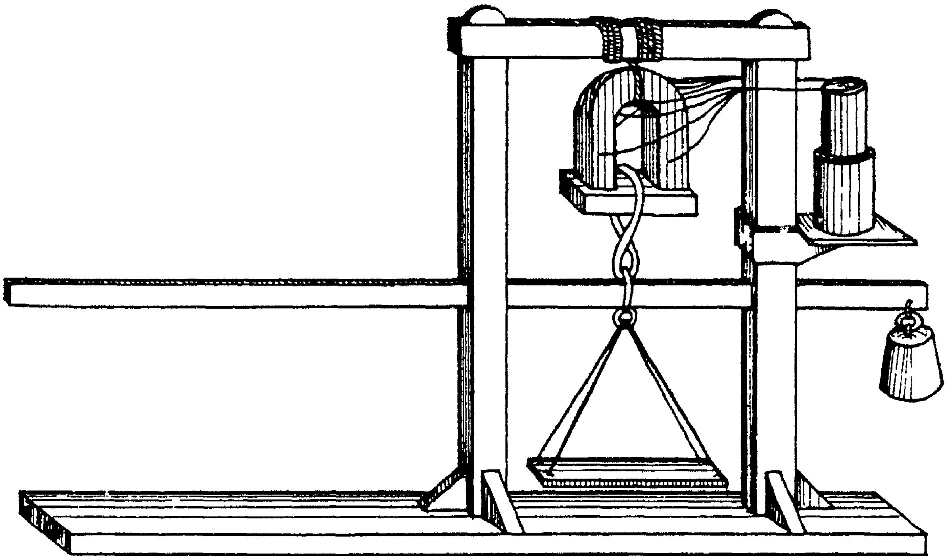
ఆల్బనీ అకాడమీకి వెళ్లి రాత్రి క్లాసులో చేరేడు హెన్రీ. అదేపనిగా చదవడం మొదలుపెట్టేడు. ఏడు మాసాలు నిర్విరామ దీక్షతో చదివి, ఒక చిన్న స్కూలు ఉపాధ్యాయుడిగా చేరి, రాత్రిపూట కాలేజీకి వెళ్లేవాడు.

అకాడమీలో చదువు పూర్తిచేసి, అందులోనే గణితశాఖలో ప్రొఫెసరుగా చేరేడు. అక్కడ టీచింగు పని చాలా ఎక్కువగా ఉండటంచేత అతడికిష్టమైన పరిశోధనలకి తీరిక ఉండేదికాదు, వేసవి సెలవులలో తప్ప. అప్పుడు క్లాసు రూముని లేబరేటరీగా మార్చుకుని పని మొదలు పెట్టేడు. ఇంగ్లండులో విలియం స్టర్జియన్ (1783 – 1850) చేసిన పద్ధతిలో విద్యుదయస్కాంతాన్ని నిర్మించాలని అతడి ప్లాను. ఇనుపకడ్డీని గుర్రపునాడాలాగ వంచి, దానికి లక్క పూసి, దాని [illegible] రాగి తీగ చుట్టేడు చుట్లు ఒకదానికొకటి తగలకుండా. ఆ తీగలోకి విద్యుత్తు పంపగానే ఆ ఇనుపకడ్డీ

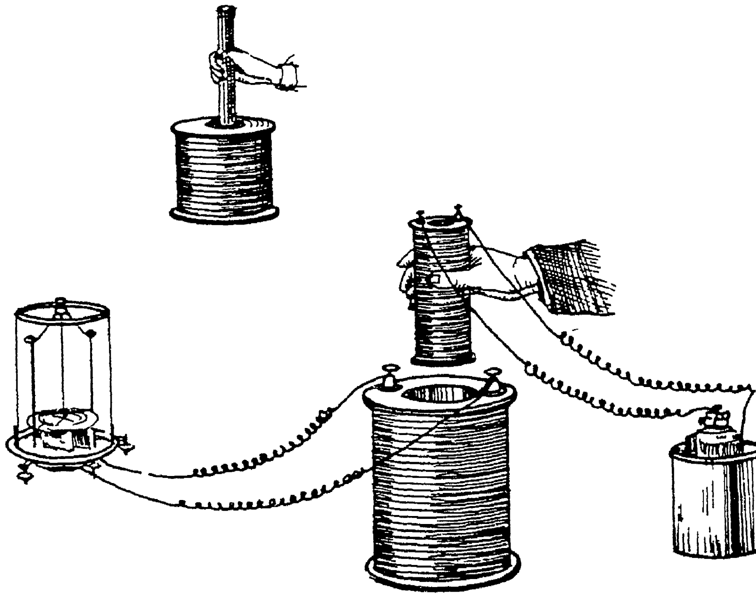
అయస్కాంతంగామారి 7 పౌనుల బరువున్న ఇనుపముక్కను పైకి లేవనెత్తగలిగింది. విద్యుత్ప్రవాహాన్ని ఆపివేయగానే ఆ బరువు దభేలున కిందపడింది.

ఇనుపకడ్డీని లక్కపూతతో ఇన్సులేట్ చేయడం యూరపులో అవలంబించిన పద్ధతి. ఇంతకన్న రాగితీగని ఇన్సులేట్ చేస్తే అదే ఇనుపకడ్డీమీద ఎన్నోచుట్లు పొరలు పొరలుగా చుట్టవచ్చునని హెన్రీ గ్రహించాడు. ఆ విధంగా ఇతర శాస్త్రజ్ఞులకన్న 300 రెట్లు బలంగల ఒక టన్ను బరువునెత్తగల విద్యుదయస్కాంతం తయారుచేసి, అమెరికన్ జర్నల్ ఆఫ్ సైన్సులో ప్రచురించాడు కానీ, ఈ విషయాన్ని బయటి ప్రపంచం ఎరగదు.

అసాధారణబలం కలిగిన అయస్కాంతాలను తయారు చేస్తూ చేస్తూ, అయస్కాంతంనుంచి విద్యుత్తును తయారు చెయ్యడం ఎల్లాగ? అనే సమస్య దగ్గరకు వచ్చాడు హెన్రీ. ఇంతకుముందు ఈ సమస్యని సాధించబూనుకున్న వారంతా స్థిరవిద్యుత్ప్రవాహం స్థిర అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని సృష్టిస్తుందన్న విషయాన్ని చూచి మోసపోయారని గ్రహించాడు. దానికి సరిగ్గా తలకిందులుగా – స్థిర అయస్కాంతక్షేత్రం స్థిర విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని పుట్టిస్తుందనుకున్నారు. ఈ తప్పుడుభావంతో అందరూ చేస్తున్నపని ఏమిటంటే దండ అయస్కాంతాన్ని తీసుకుని, దానిమీద కొన్నిచుట్లు



జోసెఫ్ హెన్రీ నిర్మించిన విద్యుదయస్కాంతం



విద్యుత్ ప్రేరణ ప్రయోగాలలో హెన్రీ ఉపయోగించిన పనిముట్లు

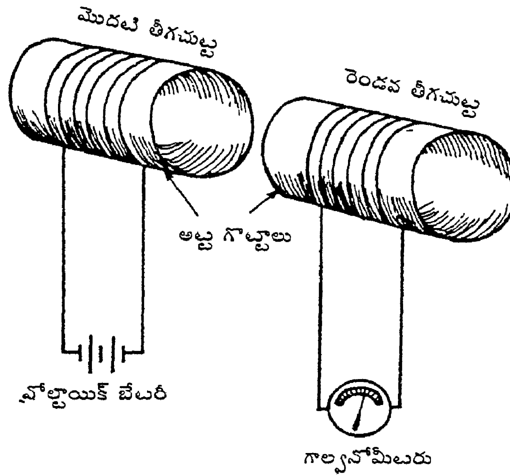
తీగచుట్టి, ఆ తీగకొనలు ఒకదానికొకటి తగిలిస్తే స్పార్కులు వస్తాయేమోనని ఎదురుచూడడం.

ఇక్కడ ఉపయోగించవలసినది స్థిర అయస్కాంతక్షేత్రం కాదనీ, అది మారుతూ ఉంటేనే విద్యుత్తు పుడుతుందనీ హెన్రీ కనుక్కున్నాడు. తీగ చుట్టకి దగ్గరలో అయస్కాంతాన్ని కదిలిస్తే ఆ తీగచుట్టలో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుందని చూపించాడు.

అంతేకాదు, అంతకన్న ఇంకా ముందుకి వెళ్లేడు. ఒక తీగచుట్టకి వోల్టా విద్యుద్ఘటం తగిలించి, అందులో విద్యుత్తు ప్రవహింపచేశాడు. దీనితో సంబంధం లేకుండా దగ్గరలో ఉన్న మరో తీగచుట్టని గాల్వనోమీటరుకి తగిలించాడు. మొదటి చుట్టని రెండవ చుట్టకి సమీపంలో అటూ ఇటూ కదిలించాడు. ఈ రెండింటికీ సంబంధం లేకపోయినాసరే గాల్వనోమీటరు ముల్లు కదిలింది.

కదులుతున్న అయస్కాంతానికి దగ్గరలోని తీగచుట్టలో విద్యుత్తును ప్రేరేపించగలిగితే, ఒక తీగచుట్టలోని అస్థిర విద్యుత్ప్రవాహంవల్ల రెండవ తీగ చుట్టలో విద్యుత్తు ప్రేరేపింపబడుతుందని హెన్రీ సరిగ్గా ఊహించగలిగేడు.

ఇదీ, ఇంకా ఇటువంటి మరికొంత పరిశోధన 1831 మార్చిలో చేశాడు హెన్రీ. ఇంకా ఇంకా చాలా రుజువులు దొరికేవరకూ తన పరిశోధన ఫలితాలను



ప్రచురించకూడదనుకున్నాడు. అదిగో హెన్రీ చేసిన మహాపరాధం అదే. వెంటనే ప్రచురించకపోతినే అని అతడు జీవితాంతమూ విచారిస్తూనే ఉన్నాడు. అట్లాంటిక్ మహా సముద్రానికి అవతల లండన్‌లో మైకేల్ ఫేరడే అనే ఇంగ్లీషువాడు సరిగ్గా ఇదే విధంగా పరిశోధన చేస్తున్నాడనీ, సరిగ్గా తాను కనుగొన్న విషయాలే అతడూ కనుగొన్నాడనీ, తనలాగ తాత్సారం చెయ్యకుండా అతడు తనకన్నముందుగా ప్రచురించేస్తాడనీ హెన్రీ ఊహించలేకపోయాడు. ఎవరు ముందుగా ప్రచురిస్తే ఆ పరిశోధన గౌరవం అతడికే దక్కుతుంది. "నేను ఈ విషయాన్ని చాలా ముందరే కనుక్కున్నాను కానీ, ప్రచురించడంలో ఆలస్యం చేశాను" అంటే ఎవ్వరూ లెక్కపెట్టరు. వైజ్ఞానిక పరిశోధన రంగంలో ఇది ఆనవాయితి. జోసెఫ్ హెన్రీకి దక్కవలసిన అపారమైన కీర్తి ఫేరడేకి దక్కింది.

1832 మే నెలలో హెన్రీ ఒక పత్రికతీసి యథాలాపంగా చదువుతూ ఉండగా అందులో మైకేల్ ఫేరడే అయస్కాంతం నుంచి విద్యుత్తు తయారుచేసిన పరిశోధన ఫలితాలు కనిపించాయి. అతడు 1832 ఫిబ్రవరి 17వ తేదీని కనుగొన్నాడని వ్రాసి ఉంది. ఈ విషయాన్ని తాను ఏడాది క్రిందటే కనుక్కున్నాడు. అన్నీ మించిపోయాక ఇప్పుడు తన పరిశోధన ప్రచురించి ఏం లాభం అని దిగాలు పడిపోయాడు. ఆఖరికి ప్రొఫెసర్ సిల్లిమాన్ వత్తిడి చేయగా కొన్ని పేపర్లు సిల్లిమాన్ పత్రికలో ప్రచురించాడు.

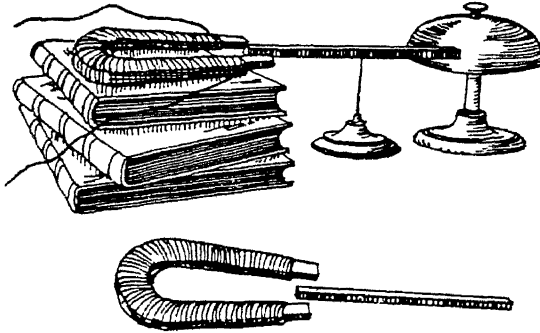
అతడి పరిశోధనల విలువ, విస్తృతి అతడు చనిపోయిన తరవాతనే లోకం గుర్తించింది.

తీగచుట్టకి హఠాత్తుగా బేటరీ తగిలిస్తే అందులో కొత్తగా పెరుగుతున్న

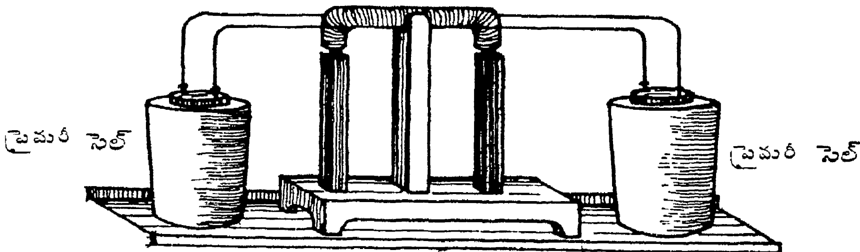
విద్యుత్ప్రవాహంవల్ల తాత్కాలికంగా అయస్కాంతక్షేత్రం ఏర్పడి పెరుగుతుంది. మారుతున్న ఈ క్షేత్రంలో ఏదైనా తీగ ఉంటే ఆ తీగలో విద్యుత్తు ప్రేరితమవుతుంది. అంతే కాదు అదే తీగచుట్టలోకూడా విద్యుత్తు ప్రేరిత మవుతుందని హెన్రీ కనుక్కున్నాడు. దానినే ఇప్పుడు "ఆత్మ ప్రేరణం" (Self Induction) అంటున్నారు. ఈ విషయం ఫేరడేకి కూడా కొత్తే. ఆత్మప్రేరణను కనిపెట్టిన కీర్తి మాత్రమే హెన్రీకి దక్కింది. జూలై 1831లో హెన్రీ మొట్టమొదటి ఎలక్ట్రిక్ మోటారు (Electro-Magnetic Engine) నిర్మించాడు. ఇందులో విద్యుదయస్కాంతం "సీ–సా" లాగ ఊగుతూ, ఒకసారి ఒక బేటరీతోనూ, తరవాత మరో బేటరీతోనూ సంబంధం ఏర్పరచుకుంటూ, ధ్రువస్థానాలను మార్చుకుంటూ కదులుతూ ఉంటుంది.

ఎలక్ట్రిక్ రిలే కనిపెట్టేడు హెన్రీ. ఈ పరిశోధనను శామ్యుయేల్ మోర్స్ ఉపయోగించుకుని, దానిని పూర్తిగా తానే కనిపెట్టేనన్నాడు.

ఆల్బనీ అకాడమీలో చదువుకుంటున్న రోజుల్లోనే తొలి ఎలక్ట్రిక్ టెలిగ్రాఫు, ఎలక్ట్రిక్ బెల్ తయారు చేశాడు హెన్రీ. ఒక మైలు పొడుగున్న రాగి తీగల జంటను స్కూలు



1831లో హెన్రీ నిర్మించిన తొలి ఎలక్ట్రిక్ రిలే



1831లో హెన్రీ నిర్మించిన తొలి ఎలక్ట్రిక్ మోటారు

చుట్టూ పరిచి, వాటిని ఒకచివర వోల్టాయిక్ బేటరీలకు కలపగా రెండవ చివరనున్న ఇనుపముక్క అయస్కాంతంగా మారి, అది దగ్గరలో నిలబెట్టిన స్థిర అయస్కాంతాన్ని వికర్షిస్తుంది. అది దగ్గరలో ఉన్న గంటకి తగిలి చప్పుడు అవుతుంది. దీనిని వార్తా ప్రసారానికి ఉపయోగించవచ్చునని అతడు సూచించినట్లు లేదు.

లైడెన్ జార్‌లో నిలువ ఉన్న విద్యుత్తు డిశ్చార్జి అయినప్పుడు దగ్గరలో ఉన్న ఉక్కు సూదులు అస్తవ్యస్తపు అయస్కాంతాలుగా మారే పద్ధతిని గమనించి, ఈ డిశ్చార్జి ముందువెనుకలకు చాలాసార్లు ఊగిసలాడుతూ (Oscillatory) జరుగుతుందని గ్రహించాడు. తరువాత ఈ విషయాన్నే లార్డ్ కెల్విన్ గణితంద్వారా రుజువు చేశాడు.

ఆల్బనీ అకాడమీ డాభామీదనున్న లైడెన్ జార్‌లో ఒక అంగుళం దూరం స్పార్కులు ఎగిరినప్పుడు, అదే మేడకింది నేలమాళిగలో (తిన్నని దూరం 30 అడుగులు) తీగ చుట్టలో ఉంచిన ఉక్కు సూది అయస్కాంతంగా మారిందని హెన్రీ గమనించాడు. దీనినిబట్టి ఎలక్ట్రిక్ స్పార్కు అధమపక్షం 400,000 ఘనపుటడుగుల ప్రదేశాన్ని కలచివేయగలదని తీర్మానించాడు. కాలేజీ హాలులోని విద్యుద్యంత్రపు డిశ్చార్జివల్ల మొత్తం ఊరు అంతా ప్రభావితం అయింది అని 1844లో వ్రాసుకున్నాడు. ఈ "కలిచే శక్తి" తరంగాలరూపంలో చాలా దూరం ప్రయాణం చేయగలదనే నిర్ణయానికి వచ్చాడు 1851లో. ముందు ముందు క్లెర్క్ మాక్స్‌వెల్‌గారి విద్యుదయస్కాంత సిద్ధాంతానికి ఇది దారి తీసింది.

1877 డిసెంబరులో హెన్రీ జబ్బుపడ్డాడు. డాక్టరు వచ్చి పరీక్షచేసి "మహా అయితే మరో ఆరు నెలలు" అన్నాడు. తన అల్పమైన ఆస్తిని అమ్మేసి తన అప్పులు తీర్చెయ్యవలసిందని హెన్రీ మిత్రులను అర్థించగా, "అమెరికన్ వైజ్ఞానిక అధ్యక్షులకి అప్పులు అంటూ ఉండవు" అన్నారు వారు. ఆ మాటలకు కళ్లు చెమర్చిన ఆ మహాపరిశోధకుడు డాక్టరుగారి దివ్యవాణిని నిజం చేస్తూ 1878 మే 13 వ తేదీని కన్నుమూశాడు.

....

7 విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు

జెమ్స్ క్లెర్క్ మాక్స్‌వెల్ (1831–1879)

కొత్తగా స్కూలులో చేరిన ఓ పదేళ్ల పిల్లవాడిచుట్టూ మూగేరు క్లాసు పిల్లలంతా. ఆ పిల్లవాడి బట్టలు, జోళ్లు, తలదువ్విన పద్ధతి అన్నీ వాళ్లకి వింతగా ఉన్నాయి. "పల్లెటూరి బైతు" అని ముసిముసినవ్వులు నవ్వుకున్నారు. "నీ చొక్కా కుట్టిన దర్జీ ఎవడోయ్?" అని కాలరు పుచ్చుకు లాగేడు ఒకడు. మిగిలినవారంతా పకపకా నవ్వేరు.

రాబోతున్న ఏడుపునాపుకుంటూ, వాళ్లని విదిలించుకుని పరుగెత్తేడు ఆ పిల్లాడు.

అది "ఎడింబరో అకాడమీ" అనే పేరున్న స్కూలు. ఆ పిల్లాడిపేరు జేమ్స్ క్లెర్క్ మాక్స్‌వెల్. ఆ పేరు త్వరలోనే ప్రపంచ విఖ్యాతం కాబోతోందని అతడిని గేలిచేసిన ఆ చిన్నపిల్లలకేం తెలుసూ?

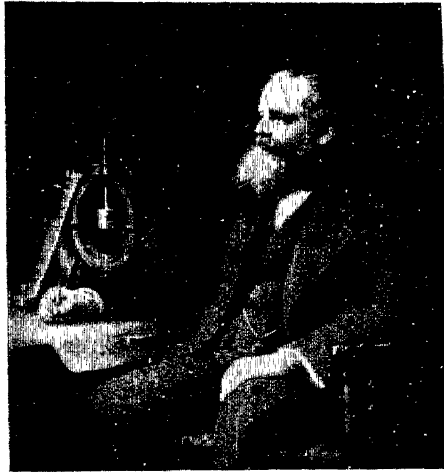
మాక్స్‌వెల్‌కి సాహిత్యంమీదా, ఫిలాసఫీమీదా చాలా అభిమానం. తీరిక దొరికినప్పుడల్లా కవిత్వం వ్రాసేవాడు. ఆ కవిత్వాన్ని తండ్రికి వ్రాసే ఉత్తరాలలో పంపించేవాడు.

గణితం అతడి అభిమానవిషయం. 15 ఏళ్ల వయస్సులో "అండాకార రేఖలమీద" * అతడొక పరిశోధనపత్రాన్ని వ్రాసి, 1846లో Proceedings of the Edinbuorugh Royal Society అనే జర్నల్‌లో ప్రచురించాడు. అతడికి చదువు చెబుతున్న టీచర్లకే అర్థం కానిదైపోయింది ఆ పేపరు. మామూలుగా అయితే "చక్కగా హోంవర్కు చేసుకోక *ఈ చెత్త బరుకుడేమిటి?*" అని చివాట్లు వేసి ఉందురు; కాని అది ప్రసిద్ధ వైజ్ఞానిక పత్రికలో అచ్చు అయిపోవడంచేత ఆశ్చర్యంతో కనుబొమ్మలు పైకెత్తడం తప్ప దానిని వ్యాఖ్యానించడానికి కూడా ఎవరికీ ధైర్యం లేకపోయింది. ఎడింబరో యూనివర్సిటీలో ప్రొఫెసరుగా పనిచేస్తున్న ఫోర్బ్స్ అనే ప్రసిద్ధ శాస్త్రజ్ఞుడు ఆ పేపరును మెచ్చుకున్నాడు. తరవాత ఎడింబరో యూనివర్సిటీలో విద్యార్థిగా ఉన్న రోజుల్లో ఆయన దగ్గర విద్యుత్తు, కాంతి, ఉష్ణం, గతి – వీటిని గురించిన మౌలిక సూత్రాలను అధ్యయనం చేశాడు

* On the description of oval curves and those having plurality of foci!

మాక్స్‌వెల్. గత వంద ఏళ్లల్లోనూ ఈ నాలుగు శాఖలలోనూ కృషి చేయదలచిన శాస్త్రజ్ఞులెవ్వరికీ మాక్స్‌వెల్ పరిశోధనలను స్మరించకుండా పనిజరగడమే లేదు!

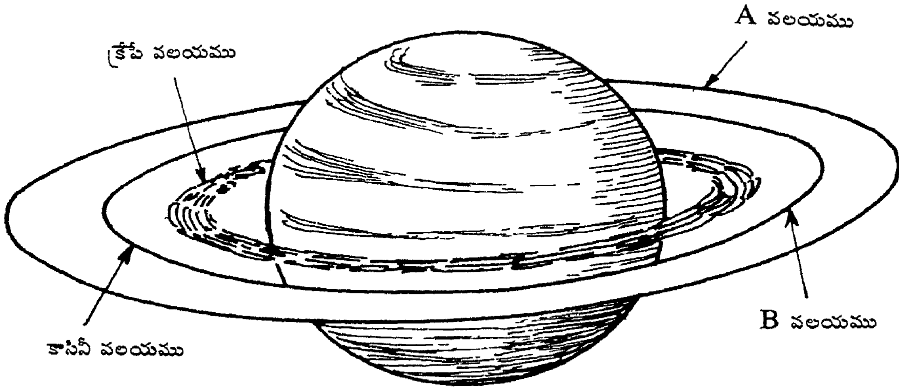
యూనివర్సిటీలో చదువుతున్న రోజులలో కాంతిమీద చిన్న చిన్న ప్రయోగాలు చేశాడు మాక్స్‌వెల్. బొంగరంమీద రంగు రంగుల కాగితం ముక్కలు అతికించి, దానిని గిర్రున తిప్పినప్పుడు ఏ మిశ్రవర్ణాలు ఏర్పడతాయో పరిశీలించాడు. ఆఖరికి ఎరుపు, నీలి, ఆకుపచ్చ – ఈ మూడు రంగులనూ వేరు వేరు పాళ్లల్లో కలిపి ఇంచుమించు ఏ రంగునైనా సరే సృష్టించవచ్చునని చూపించాడు. ఈ విషయాన్ని కనిపెట్టినందుకు రాయల్ సొసైటీ ఇతడికి రూంఫర్డ్ పతకాన్ని బహూకరించింది. వర్ణచిత్రాలను అచ్చువేయడంలో ఈతడి పరిశోధన ఫలితాన్నే ఈనాటికీ మనం వినియోగించుకుంటున్నాం.



జేమ్స్ క్లెర్క్ మాక్స్‌వెల్ *(1831 – 1879)*

1856లో ఆబెర్డీన్‌లో మరిశ్చల్ కాలేజీలో భౌతికశాస్త్ర ఉపాధ్యాయుడుగా చేరేడు మాక్స్‌వెల్. అక్కడే విద్యుత్ పరిశోధనలు మొదలుపెట్టేడు. అతడికి టీచరుగా మంచిపేరు రాలేదు; దానికి కారణం అతడికి పరిశోధనమీద ఉన్న ఆసక్తి బోధించడంమీద లేకపోవడమే. అతడు అక్కడ ఉండగానే శనిగ్రహంచుట్టూ గల వలయాలలో ఉన్నది ఘన, ద్రవ, వాయు పదార్థాలలో ఏదైదె ఉంటుందో కనుగొన్నవారికి బహుమానం ఇస్తామని కేంబ్రిడ్జ్ యూనివర్సిటీ ప్రకటన చేసింది. ఈపోటీలో పాల్గొని, 68 పేజీల వ్యాసం వ్రాసి, ఆ బహుమతిని అందుకున్నాడు మాక్స్‌వెల్. అది ద్రవ పదార్థంగాని, వాయు పదార్థంగాని కాదనీ, అది ఘన పదార్థమేననీ, కానీ అది అఖండ చక్రంకాదనీ, దుమ్ము ధూళి చిన్న చిన్న రాళ్లతో రప్పలతో ఏర్పడ్డ పలుచని చక్రం అనీ అతడు కనుగొన్నాడు. ఈ విషయాన్ని

గ్రహించడానికి అతడు టెలిస్కోపునుపయోగించ లేదు. ఆ వలయాలలోని రాళ్లను విడివిడిగా చూపగల టెలిస్కోపులు అప్పటికేకాదు, ఈనాటికి కూడా లేవు. దానికి అతడు ఉపయోగించిన పనిముట్లు కాగితమూ, కలమూ మాత్రమే. కేవలం గణిత ప్రావీణ్యంతో ఈ సమస్యని సాధించిన మాక్స్‌వెల్‌కి ఆనాటి గణిత – భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులలో ప్రముఖుడన్నపేరు వచ్చింది.



శనిగ్రహ వలయాలు

శని గ్రహ వలయాలమీద కృషి చేస్తున్న రోజులలోనే "వాయు గతి సిద్ధాంతం (Kinetic Theory of Gases)లో అతడికి అభిరుచి ఏర్పడింది. అప్పటికే ఈ రంగంలో క్లాషియస్, బెర్నౌలీ, జౌల్ వంటి హేమాహేమీలు స్థిరపడి ఉన్నారు. వాయువుల పరమాణువులు బిలియర్డ్ బంతుల్లాగ కఠినంగా ఉంటాయనీ, అవి అటూ ఇటూ పరుగెడుతూ, ఒకదానితో ఒకటి ఢీకొట్టుకుంటూ గందరగోళంగా ఉంటాయనీ ఊహించుకుని, ఆ ఊహ ఆధారంగా వాయువుల వత్తిడి, సాంద్రత, ఉష్ణోగ్రత వంటి స్థూల లక్షణాలను సమర్థించడానికి ప్రయత్నించారు. గణితాన్ని సులభతరం చేయడంకోసం పరమాణువులన్నీ ఒకే వేగంతో కదులుతున్నట్లుగా ఊహించుకున్నారు. కానీ, అన్నీ ఒకే వేగంతో పరుగెత్తవుకదా? వాటి వేగాలన్నీ సరిగ్గా లెక్కవెయ్యకపోతే జవాబు తప్పు అవుతుంది కదా? కాని, కంటికి కనిపించని, ఏ పనిముట్టుకీ దొరకని పరమాణువులలో వేటికి ఎంతెంత వేగాలున్నాయో తెలుసుకోవడం ఎవరికి సాధ్యం? మాక్స్‌వెల్ ఈ సమస్యని పరిష్కరించడానికి పూనుకున్నాడు. ఏ పరమాణువుకి ఎంత వేగం ఉందో విడివిడిగా చెప్పలేకపోయినా మొత్తం గుంపులో ఇంత శాతం పరమాణువులు ఇంత

వేగంతోనూ, ఇంత శాతం ఇంత వేగంతోనూ.... కదులుతూ ఉంటాయని "స్టాటిస్టిక్స్" సూత్రాల సాయంతో అతడు నిర్ణయించగలిగేడు. దీనిని "మాక్స్‌వెల్ వితరణ" (Maxwellian Distribution) అంటున్నారు. దీనిని ఉపయోగించి కొత్తగా వాయు గతి సిద్ధాంతాన్ని నిర్మించి, ఇంతకు పూర్వం ఎవ్వరికీ సాధ్యంకాని ఘన విజయం సాధించాడు.

ఒక శతాబ్దంగా కూలంబ్, ఆయిర్‌స్టెడ్, ఏంపియర్, ఓమ్ వంటి శాస్త్రజ్ఞులు చేస్తున్న విద్యుత్పరిశోధనలు ఫేరడే కృషి ద్వారా పరాకాష్ఠకి చేరుకున్నాయి. విద్యుత్తుకీ, అయస్కాంతానికీ గల సంబంధాలు చాలా భాగం తెలిసి వచ్చాయి.

రెండు విద్యుత్తులమధ్య, లేదా రెండు అయస్కాంతాలమధ్య ఆకర్షణ (లేదా వికర్షణ) విలోమ వర్గ సూత్రాన్ని పాటిస్తుంది.

కదులుతున్న అయస్కాంతం విద్యుత్తును ప్రేరేపిస్తుంది.

ఒక తీగలో ప్రవహిస్తున్న విద్యుత్తు దగ్గరలో ఉన్న మరో తీగలో విద్యుత్తును ప్రేరేపిస్తుంది.

ఈ విడి విడి సూత్రాలనన్నిటినీ కలిపి, వీటి మధ్యగల సంబంధాలను సూచిస్తూ గణిత సూత్రాలను నిర్మించాలని మాక్స్‌వెల్ ఆశయం.

దూరక్రియ (Action at a Distance)

అయస్కాంతం దూరాన ఉన్న మరో అయస్కాంతాన్నిగానీ, ఇనుప ముక్కను గాని ఎల్లా కదిలించగలుగుతోంది?

అల్లాగే విద్యుత్తు దూరాన ఉన్న మరో విద్యుత్తునుగానీ, కాగితం ముక్కనుగాని ఎల్లా ప్రభావితం చేయగలుగుతోంది?

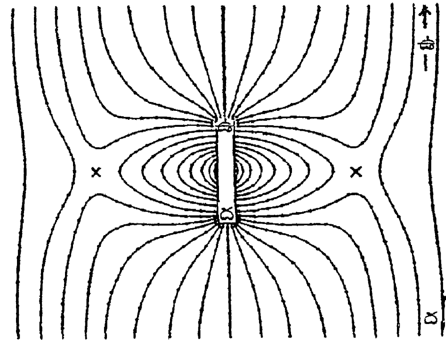
గురుత్వాకర్షణలాగే విద్యుత్తూ, అయస్కాంతమూ కూడా దూరస్థ వస్తువులను ఏ విధంగానో ప్రభావితం చేయగలుగుతున్నాయని ఆనాటి శాస్త్రజ్ఞులంతా ఊహించారు. అయితే ఈ "దూరక్రియ" అనేది ఏ విధంగా సాధ్యమో వారికి అంతుబట్టలేదు. ఈ ప్రభావం ఎంత దూరానికైనా సరే అనంత వేగంతో ప్రసరిస్తుందని నమ్మేవారు.

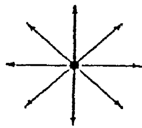
ఇది ఫేరడేకి అంతగా నచ్చలేదు. ఒక వస్తువు మరో వస్తువును ప్రభావితం చేస్తోంది అంటే దానికి "యాంత్రికమైన సంబంధం" (Mechanical Relation) ఏదో ఉండి తీరాలని అతడు అనుకున్నాడు. అందుకోసం "అయస్కాంత బలరేఖలు" (Magnetic Lines of Force), అల్లాగే, "విద్యుద్బల రేఖలు" (Electric Lines of Force) ఆ వస్తువులనుంచి అన్నివైపులకీ ప్రసరిస్తాయని అతడు ఊహించుకున్నాడు. అయస్కాంతానికి దగ్గరలో చల్లిన ఇనుప రజను ఒక ప్రత్యేక తరహాలో రేఖలు రేఖలుగా సర్దుకోవడం అతడి ఊహకు

ఊతం ఇచ్చింది. కంటికి కనిపించని బల రేఖలను ఇనుపరజను కనబరుస్తోంది అనుకున్నాడు. ఈ బల రేఖలు రోదసి అంతటా ప్రసరిస్తాయనీ, ఇవి మరి ఏ ఇతర వస్తువుకైనా తగిలితే ఆ వస్తువు ప్రభావితం అవుతుందనీ, ఆ రేఖల బల తీవ్రతనుబట్టి ఆ ప్రభావ తీవ్రత ఉంటుందనీ అతడు సిద్ధాంతం చేశాడు.

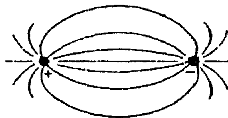
ఇతర శాస్త్రజ్ఞులు ఊహించిన దూరక్రియకన్న ఫేరడే చెప్పిన బల రేఖలవాదం మాక్స్‌వెల్‌కి నచ్చింది. గణితంలో ఎక్కువ ప్రవేశంలేని కారణంచేత ఫేరడే బలరేఖలను ప్రతిపాదించడంవరకేగాని, అంతకన్న దానిని అభివృద్ధి చేయలేకపోయాడు. మాక్స్‌వెల్ గణితంలో అందెవేసిన చెయ్యి కావడంచేత ఈ బలరేఖలను గణిత సమీకరణాలతో సూచించగలిగేడు. అయస్కాంతంనుంచి విద్యుత్తు, విద్యుత్తునుంచి అయస్కాంతము పుడతాయి అనే ఫేరడే, ఆయిర్‌స్టెడ్‌ల సిద్ధాంతాలకు గణిత ప్రాతిపదికను తయారు చేశాడు.

అయస్కాంత బలరేఖలు

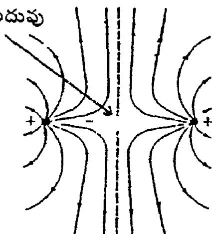




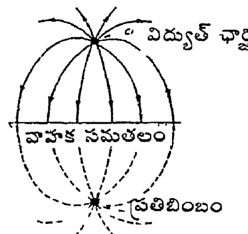
బిందు విద్యుత్తు, +



సమాన సజాతి విద్యుత్తులు



సమాన విజాతి విద్యుత్తులు



విద్యుత్ పరావర్తనం

విద్యుద్బల రేఖలు

తన పరిశోధనలను ఫేరడేకి పంపించి, ఆయన అభిప్రాయాన్ని తెలుపవలసిందని కోరేడు మాక్స్వెల్.

ఫేరడేకి అప్పటికి 65 ఏళ్లు. ప్రపంచ విస్తృతమైన విఖ్యాతితో విద్యుత్ వైజ్ఞానిక రంగంలో సూర్యుడిలాగా వెలుగు తున్నవాడు. ఊరూ పేరూ లేని ఓ మారుమూల కాలేజిలో లెక్చరరుగా పని చేస్తున్న 26 ఏళ్ల మాక్స్వెల్ పంపిన కాగితాల కట్టను బుట్టదాఖలా చెయ్యకుండా చదివి, ఫేరడే జవాబు వ్రాశాడు.

"*మీ గణితశాస్త్ర పాండిత్యం మొదట్లో నన్ను చాలా భయపెట్టింది. అయినా, మీరు కనబరచిన ఫలితాలు సరిగ్గా ఉన్నట్టే కనిపిస్తున్నాయి. ఈ వేసవిలో నేనొక ప్రయోగం చేయదలిచాను. ఈ బలరేఖలు ప్రసరించే వేగాన్ని నిర్ణయించాలని నా ఆశయం. ఆ వేగం చాలా ఎక్కువగా – బహుశా కాంతి వేగంతో సమంగా– ఉంటుందనుకుంటూ. నా ఊహలని ఆచరణలో పెట్టడానికి నాకు చాలాకాలం పడుతూ ఉంటుంది. ప్రస్తుతానికి ఇంతకన్న ఏమీ చెప్పలేను. నా జ్ఞాపకశక్తి తగ్గిపోతోంది....*" అని (25.3.1857న) వ్రాశాడు.

తన సిద్ధాంతాన్ని మరింత అభివృద్ధి చేసి 1864లో విపులమైన మరో వ్యాసంగా (Dynamical theory of the electromagnetic Field) ప్రచురించాడు మాక్స్వెల్. ఇందులో బలరేఖలు లేవు. వాటి స్థానంలో "*విద్యుత్ – అయస్కాంత తరంగాలు*" (Electro-Magnetic Waves = వి. అ. తరంగాలు) వచ్చి చేరేయి. తరంగాలు శూన్య ప్రదేశంలో ప్రయాణం చేయలేవు కదా? కనుక ఈ తరంగాలకోసం ప్రత్యేకంగా "*ఈథర్*" అనబడే కల్పిత ద్రవ్యం విశ్వమంతటా విస్తరించి ఉన్నట్లుగా ఊహించుకోవలసి వచ్చింది. ఈథరులో పుట్టే అలలే వి.అ. తరంగాలు. ఈ ద్రవ్యపు ఉనికిని ఏ పనిముట్టూ కనిపెట్టలేదు. దీనికి రంగు, రుచి, వాసన, స్పర్శ ఏమీ ఉండవు. వి.అ. తరంగ ప్రసారం చెయ్యడానికి తప్ప ఈథరుకి మరో ఉపయోగం ఏదీ లేదు.

కణముల రూపంలో కాంతి ప్రయాణం చేస్తుందని ఐజాక్ న్యూటన్ సిద్ధాంతం చేశాడు. కాదు, తరంగాల రూపంలో కదులుతుందని క్రిస్టియన్ హైగెన్స్ (1629 – 1695) అనే డచ్చి శాస్త్రజ్ఞుడు ప్రతిపాదించాడు. దీనిని ఫ్రెనల్ (1788 – 1827) ఇంకా విస్తరించాడు. తరంగాల రూపంలో కాంతి ప్రయాణం చేయగలగడానికి ఈథర్ అనే మాధ్యమం (Medium) అవసరమని ఆనాడే గుర్తించారు.

అయితే కాంతి ప్రయాణం చేయడానికి ఒక రకం ఈథరు, మాక్స్వెల్ ప్రతిపాదించిన వి.అ. తరంగాల ప్రసారానికి మరొక ఈథరూ విశ్వమంతటా విస్తరించి ఉంటాయి అనుకోవాలా? రెండిటికీ రెండు వేరు వేరు ఈథర్లు ఉండాలనడం సబబుగా లేదని

గుర్తించారు. రెండిటికీ ఒకేరకమైన ఈథరు మాధ్యమం సరిపోతుందనుకుందామా? అలా అయితే అది ప్రయాణం చేసే వేగాలు కూడా సమానమా? కాదా?

1675లో ఓలాస్ రోమర్ (1644 – 1710) అనే డేనిష్ ఖగోళ శాస్త్రజ్ఞుడు మొట్టమొదటిసారి కాంతివేగాన్ని కనుగొన్నాడు, గురుగ్రహంచుట్టూ తిరిగే ఉపగ్రహాలను ఉపయోగించి *. తరవాత 200 ఏళ్లలోనూ ఈ కాంతివేగాన్ని రకరకాల పద్ధతులలో కొలిచి, అది సెకనుకి 298,000 కి.మీ. అని నిర్ధారణ చేశారు.

మరి, వి.అ. తరంగాలు ప్రయాణం చేసే వేగం ఎంత? దీనిని ఇంకా ఎవ్వరూ కొలవలేదు.

కాంతికీ, విద్యుత్తుకీ సంబంధం ఉన్నదని ఫేరడే మొట్టమొదటగా ఊహించాడు. బలమైన అయస్కాంత ధ్రువాల మధ్యనుంచి కాంతిని పంపించగా దాని "పోలరైజేషన్



ఓలాస్ రోమర్
(1644 – 1710)

సమతలం" (Plane of Polarisation) స్వల్పంగా మారుతుందని ప్రయోగపూర్వకంగా తెలుసుకున్నాడు. దీనినిబట్టి కాంతికీ, అయస్కాంతానికీ ఏదో బాదరాయణ సంబంధం ఉందని ఫేరడే రుజువు చేశాడే కాని, అది ఎటువంటి సంబంధమో ఎవ్వరికీ తెలియలేదు.

బహుశా కాంతి కూడా విద్యుదయస్కాంత తరంగమేమో అని మాక్స్వెల్ అనుమానించాడు. వి.అ. తరంగాల వేగాన్ని నిర్ణయించగలిగితే, అది కాంతి వేగానికి సమానమని తేలితే – ఆ రెండూ ఒకే జాతివి అని రుజువు అయిపోతుందని అతడాశించాడు.

* దీని వివరాలు తెలుసుకోదలచినవారు నా "గ్రహాల కథ" చదువుకోవచ్చు .

వి.అ. తరంగాల వేగాన్ని ప్రయోగం ద్వారా కొలవడంకన్న, తన గణితం ద్వారా దానిని తెలుసుకోడానికి మాక్స్‌వెల్ ప్రయత్నించాడు!

రెండు స్థిరవిద్యుత్ ఛార్జీల నడుమ గల ఆకర్షణ (లేక వికర్షణ) బలానికీ, రెండు విద్యుత్ప్రవాహాల మధ్యగల ఆకర్షణ (లేక వికర్షణ) బలానికీగల నిష్పత్తి వి.అ. తరంగ వేగానికి సమానమని గణిత సహాయంతో ముందర చూపించాడు మాక్స్‌వెల్. ఈ నిష్పత్తిని నిర్దుష్టంగా కొలవడంమీదనే ఆధారపడిఉంది – కాంతి అనేది వి.అ. తరంగం అవునా? కాదా? అన్నది.

విద్యుదాకర్షణనీ, అయస్కాంత వికర్షణనీ సరిగ్గా బేలెన్సు చేయడంద్వారా మాక్స్‌వెల్ ఈ నిష్పత్తిని కొలవగలిగేడు. ఒకసారి కాదు, అనేక పర్యాయాలు కొలిచాడు. చివరకి ఆ నిష్పతి *"288,000 కి.మీ సెకనుకి"* అని తేలింది! కాంతి వేగం 298,000 కి.మీ. సెకనుకి అని ఇంతకుముందే తెలుసు. ఈ రెండూ బహుదగ్గరగా సరిపోతున్నాయి. అంటే కాంతి వి.అ. తరంగమేనన్నమాట.

అంతకుముందు ప్రచారంలో ఉన్న బ్రిటిష్, జర్మన్, ఫ్రెంచి వైజ్ఞానికుల భావాలతో పొంతనలేని కొత్త పద్ధతిలో – తన విద్యుదయస్కాంత పరిశోధనలు ఆధారంగా ఒక గ్రంథం వ్రాసి 1873లో ప్రచురించాడు మాక్స్‌వెల్. వైజ్ఞానిక లోకంలో ఈ గ్రంథం కలిగించిన సంచలనం అంతా ఇంతా కాదు.

మాక్స్‌వెల్ ప్రతిపాదించిన కొత్త సిద్ధాంతాన్ని వైజ్ఞానిక లోకమంతా వెయ్యికళ్లతో తరచి తరచి చూచింది. ఇంగ్లండులో విలియం థామ్సన్ (లార్డ్ కెల్విన్), ఫ్రాన్సులో పోయిన్ కేర్, జర్మనీలో ఫాన్ హెల్మ్ హోల్ట్జ్, స్విట్జర్లాండులో డీ–లా–రీవ్ దీనిని మెచ్చుకున్నారు. త్వరలోనే ఇతడి సిద్ధాంతాన్ని ప్రపంచమంతా అంగీకరించింది. మైకేల్ ఫేరడే "విద్యుత్ ప్రేరణ" సూత్రాన్ని కనిపెట్టిన 40 ఏళ్ల తరవాత మళ్లీ అంతటి విలువైన పరిశోధన చేసిన మాక్స్‌వెల్‌ని అంతా అభినందించారు. ఇప్పుడు కోట్లకొద్దీ సైంటిస్టులూ, ఇంజనీర్లూ అయస్కాంతక్షేత్రం, విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు వగైరా పదజాలాన్ని యథేచ్ఛగా వాడుకుంటున్నారు సరే. కానీ, మాక్స్‌వెల్‌కి పూర్వం ఈ పదప్రయోగానికి వ్యతిరేకంగా మరొక విద్యుత్ సిద్ధాంతం అమలులో ఉండేదన్న సంగతికూడా ఎవరికీ గుర్తుండనంతగా ఈ భావాలు అలవాటైపోయాయి. ఇంతవరకూ శాస్త్రజ్ఞులు ముందర ఏదో ప్రయోగం చేయడమూ, ఆ ఫలితానికి అనుగుణంగా సిద్ధాంతాన్ని తయారుచేయడమూ ఆనవాయితీగా వస్తోంది. ప్రయోగ పరిశోధనని దాటేసి, సైద్ధాంతిక పరిశోధన చాలా ముందుకి వెళ్లిపోయిన అరుదైన కొద్ది సందర్భాలలో ఇది ఒకటి. మాక్స్‌వెల్ తన గణిత పరిశోధక దృష్టిని విద్యుత్తువైపు మరలించి ఉండకపోతే రేడియో, టెలివిజన్, రాడార్‌వంటి ఆధునిక ఉపకరణాల ఆవిష్కరణ ఎంతో వెనుకబడిపోయి ఉండేది. ఇంత ముఖ్యమైన

పరిశోధన వివరాలు బహు జటిలమైన ఉన్నత గణితంతో కూడుకున్నవి కావడంచేత ఈ గ్రంథంలో వాటిని గురించి ఇంతకన్న వివరంగా చెప్పడం సాధ్యం కాదు.

ఫేరడే – మాక్స్వెల్ జంట విద్యుద్రంగంలో వేసిన రాచబాటకి యావత్ప్రపంచమూ రుణపడి ఉంది. వారిలో ఒకడు కేవల ప్రయోగ పరిశోధకుడు, మరొకడు సైద్ధాంతిక పరిశోధకుడూనూ. వారి వారి రంగాలలో వారిద్దరూ అద్వితీయులే. వారిద్దరూ కలిసి ఎన్నడూ పని చెయ్యలేదు కానీ, ఒకరినొకరు ఎరుగుదురు, అంతే.

కేంబ్రిడ్జి యూనివర్సిటీకి ఛాన్సలర్గా ఉన్న డ్యూక్ ఆఫ్ డెవాన్షైర్ – ఉష్ణ, విద్యుత్, అయస్కాంత రంగాలలో ప్రత్యేకమైన లేబరేటరీ ఏర్పరచుకోడానికి ఆ యూనివర్సిటీకి ధన సహాయం చేసి, దానిని నిర్వహించడానికి సమర్థుడు ఎవరా అని వెతుకుతూ లార్డ్ కెల్విన్కి ఆహ్వానం పంపించాడు. ఆయన విద్యుద్రంగంలో అతిరథుడూ, ఉష్ణరంగంలో మహారథుడూనూ. బహు సున్నితమైన గాల్వనోమీటరు తయారు చేసినవాడు, అట్లాంటిక్ మహా సముద్ర గర్భంలో ఇంగ్లండునుండి అమెరికా దాకా టెలిఫోను తీగలు (Atlantic Cable) వేసినవాడు – ఉష్ణోగ్రతకు పరమ ప్రమాణం అయిన "కెల్విన్ స్కేలు" ఈయన పేరుమీదుగా ఏర్పడినదే *.

ఇటువంటి ఆహ్వానం మరొకడికి ఎవడికైనా వచ్చి ఉంటే వెంటనే ఎగిరి గంతేసి అంగీకరించి ఉండును. కాని, ఆ బాధ్యత తాను నిర్వహించలేననీ, దానికి అన్నివిధాల తగినవాడు క్లెర్క్ మాక్స్వెల్ అనీ సూచించాడు లార్డ్ కెల్విన్.

"ఒక్క సంవత్సరంపాటు మాత్రమే డైరక్టరుగా ఉండడానికి అంగీకరిస్తున్నాను" అన్నాడు మాక్స్వెల్. కాని ఒక్క ఏడాదే కాదు, మొత్తం తొమ్మిది సంవత్సరాలపాటు – 1879లో కేన్సరు వ్యాధికి బలి అయిపోయే వరకూ – అతడు ఆ సంస్థకి డైరక్టరుగా పనిచేశాడు.

అన్నట్లు ఆ డ్యూక్ ఆఫ్ డెవాన్షైర్ – సుప్రసిద్ధ బ్రిటిష్ శాస్త్రజ్ఞుడు హెన్రీ కేవెండిష్కి మనుమడి వరస అవుతాడు. అందుకని దానికి "కేవెండిష్ లేబరేటరీ" అని పేరు పెట్టేరు. కేవెండిష్ వదిలిపోయిన రీసెర్చి నోటు పుస్తకాలు ఇరవై దాకా ఉన్నాయి. అందులో ప్రచురణకు నోచుకోని శాస్త్ర పరిశోధనలు వందలకొద్దీ ఉన్నాయి. వాటినన్నిటినీ పరిశీలించి, ఆధునిక పరిభాషలో వివరించి, క్రోడీకరించి, ప్రచురణకు సిద్ధంచేసే బాధ్యత మాక్స్వెల్ది. అతడు ఈ పనిని అపరిమితమైన ఉత్సాహంతో మొదలుపెట్టేడు. కేవెండిష్ వర్ణించిన ప్రయోగాలు కొన్నిటిని మాక్స్వెల్ స్వయంగా చేసి చూశాడు. విద్యుత్ డిశ్చార్జిమీద కేవెండిష్ చేసిన పరిశోధనలలో అతడు తన శరీరాన్నే ఎలక్ట్రో మీటరుగా

* వివరాలకు నా "టెలిగ్రాపు కథ" చూడవచ్చు.

ఉపయోగించేవాడు; విద్యుత్తు సర్క్యూటులోని రెండు కొసలనూ చెరొక చేతితోనూ పట్టుకుని, షాకు తిని, ఆ షాకు తీవ్రతనుబట్టి డిశ్చార్జి బలాన్ని నిర్ణయించేవాడు!

కేవెండిష్ పరిశోధనల కాలపు పరిస్థితులలోకి మానసికంగా ప్రవేశించి, వాటిని అర్థం చేసుకుని, ఇప్పటి వారికి అర్థం అయేటట్లు తన చేతితో తిరిగి వ్రాసి, రెండు సంపుటాలు తయారు చేశాడు మాక్స్‌వెల్. వాటిని 1879లో అచ్చు వేశారు. కూలంబ్, ఓమ్ వంటి ఉద్దండుల పరిశోధనలు చాలా భాగం కేవెండిష్ అంతకుముందే చేసి కూర్చున్నాడని తెలిసి, వైజ్ఞానిక లోకం విస్తుపోయింది.

మాక్స్‌వెల్ చివరి రోజులు బాధాకరమైన అనారోగ్యంతో దుర్భరంగా గడిచేయి. దానికితోడు అదే సమయంలో మంచంపట్టిన భార్యకి తనకి చేతనైనంత సేవ చేసేవాడు. ఒకసారి మూడు వారాలపాటు వరుసగా నిద్రే పోలేదు. తన జబ్బు కేన్సరు అనీ, దానికి మందులేదనీ తెలిసినా అతడు చాలా నిబ్బరంగా ఉన్నాడు. చాలాకాలంపాటు దాన్నిగురించి ఎవరికీ చెప్పలేదు; లేబరేటరీకి మాత్రం మామూలుగా వెళ్లేవాడు. 1879 ఈస్టరు నాటికి లేవలేని స్థితి వచ్చింది, 1879 నవంబరు 5వ తేదీని చనిపోయాడు.

పరిశోధనలకోసం తన స్వంతఖర్చుతో కొన్న పరికరాలన్నీ కేవెండిష్‌లేబరేటరీకి ఇచ్చేశాడు మాక్స్‌వెల్. అతడు పోయాక తమకంటూ మిగిలిన 6000 పౌండ్లు అతడిపేర ఫిజిక్సులో స్కాలర్‌షిప్పు కోసం ఇచ్చింది అతడి భార్య.

మాక్స్‌వెల్ నిర్మించిన సమీకరణాలలో ఎన్నెన్ని రహస్యాలు ఇమిడి ఉన్నాయో అతడికే పూర్తిగా తెలియదు! వాటిలోనే రేడియో, టెలివిజన్, రాడార్ వగైరాలకు కావలసిన ముడిసరుకు దాగి ఉంది.

హైన్రిక్ రుడాల్ఫ్ హెర్ట్జ్ (1857–1894)



హైన్రిక్ రుడాల్ఫ్ హెర్ట్జ్ (1857 – 1894)

ఫేరడే వెలిగించిన కాగడా అందుకుని, తాను నడిచినంతమేరా వెలుగు చిమ్ముకుంటూ, చాలా ముందుకుపోయాడు మాక్స్వెల్. తరవాత అతడి చేతినుంచి ఆ కాగడా తీసుకుని విద్యుత్ రంగాన్ని ప్రకాశమానం చేసినవాడు హైనిక్ హెర్ట్జ్ అనే జర్మన్ శాస్త్రజ్ఞుడు.

మాక్స్వెల్ ప్రతిపాదించిన విద్యుదయస్కాంత తరంగ సిద్ధాంతాన్ని ప్రయోగపూర్వకంగా రుజువు చేసి 31వ ఏట ప్రపంచ విఖ్యాతి గడించిన ఈ మేధావి కేవలం 36 ఏళ్ల ప్రాయంలో "బ్రెయిన్ ట్యూమర్" కి బలిఅయిపోకుండా ఉంటే సైన్సుకి ఇంకా ఎంతో సేవ చేసి ఉండేవాడో? లేక నాజీ కాన్సంట్రేషన్ క్యాంపులో చిత్రహింసలు అనుభవించి ఉండే వాడేమో ఏమంటే అతడు 'యూదు' (Jew) కనుక.

ఆనాటి జర్మనీలో ఈ రంగంలో ప్రసిద్ధులైన శాస్త్రజ్ఞులలో విల్‌హెల్మ్ ఎడువార్డ్ వెబర్ (1804 – 1891) ఒకడు.



విల్‌హెల్మ్ ఎడువార్డ్ వెబర్
(1804 – 1891)

గాటింగెన్ యూనివర్సిటీలో ఆయన ప్రొఫెసరు. కాంతి తరంగ సిద్ధాంతంమీద సోదరుడు హైన్రిక్ వెబర్‌తోనూ; విద్యుత్ అయస్కాంత ప్రమాణాలను నిర్వచించడంలోనూ, ఎలక్ట్రిక్ టెలిగ్రాఫు నిర్మాణంలోనూ ఫ్రెడ్రిక్ గాస్‌తోనూ * కలిసి కృషి చేసినవాడు. గురుత్వాకర్షణ విషయంలో న్యూటన్ చూపించిన "దూరక్రియ" అనే భావాన్ని ఆధారంగా చేసుకుని, విద్యుత్ – అయస్కాంత చలనాలనూ, వాటి ధర్మాలనూ వివరిస్తూ ఒక గ్రంథం

* గాస్ – వెబర్ ఎలక్ట్రిక్ టెలిగ్రాఫును గురించి ఇంకా వివరంగా తెలుసుకోదలచిన వారు నా "టెలిగ్రాఫు కథ" చూడవచ్చు.

వ్రాశాడు. విద్యుదయస్కాంత తరంగ సిద్ధాంతాన్ని మాక్స్‌వెల్ ప్రతిపాదించేవరకూ వెబర్ వ్రాసిన పాత పద్ధతిలోనే అంతా చదువుకునేవారు, ఆలోచించేవారు.

జర్మనీలో క్రిందటి శతాబ్దంలో సుప్రసిద్ధుడైన మరొక శాస్త్రజ్ఞుడు హెర్మన్ ఫాన్ హెల్మ్‌హోల్ట్జ్ (1821 – 1894) ఈయన బెర్లిన్ యూనివర్సిటీలో ప్రొఫెసరు. కాంతి, శబ్దశాస్త్రాలలో ఇతడు చేసిన కృషి అసాధారణమైనది. ఇంతేకాదు శరీర శాస్త్రంలో – ముఖ్యంగా కన్ను, చెవి ఏ విధంగా పనిచేస్తాయో కనుగొన్నవాడుగా ఈయనకి గొప్ప పేరుంది. గణిత, రసాయన, వాతావరణ, గతి శాస్త్రాలలో ఈయన ప్రచురించిన పరిశోధనలు అసంఖ్యాకం. ఈయన విద్యుదయస్కాంత తరంగాలమీద కూడా కృషి చేశాడు కానీ, అతడి తక్కిన పరిశోదనలముందు ఇది వెలవెలబోయింది. మాక్స్‌వెల్‌గారి కొత్త వి.అ. తరంగ సిద్ధాంతాన్ని జర్మనీలో ప్రచారంలోకి తెచ్చిన హెల్మ్ హోల్ట్జ్ దగ్గర రీసెర్చి చెయ్యడానికి వచ్చాడు హెర్ట్జ్.

హెర్ట్జ్‌కి చిన్నతనంనుంచీ సైంటిస్టు అవాలనే కోరిక అయితే ఉండేది కానీ, తనకి అంత శక్తిలేదని అధైర్యపడి పోయేవాడు. అతడిలో వినయము, పిరికితనము సమపాళ్లలో ఉండేవి. అందుచేత సైంటిస్టుగాకన్న ఇంజనీరుగా ఎక్కువ రాణిస్తాననుకునేవాడు. 22వ ఏట అటో ఇటో తేల్చుకోవలసిన సమయం వచ్చింది. ఆఖరికి రీసెర్చి చేసి, సైంటిస్టు అనిపించుకోవడానికే నిశ్చయించుకుని, బెర్లిన్ యూనివర్సిటీలో హెల్మ్‌హోల్ట్జ్ దగ్గర రీసెర్చి అసిస్టెంటుగాచేరి విద్యుదయస్కాంతశాఖలో పని మొదలుపెట్టేడు.

విద్యుచ్ఛక్తిగాని, అయస్కాంతశక్తిగానీ ఒకచోటినుంచి మరో చోటికి ఎంత వేగంతో ప్రసరిస్తాయి అనే సమస్యకి సమాధానం తెలుసుకోవాలనుకున్నాడు హెర్ట్జ్. ఈ వేగం అనంతమైనది అని తన దేశస్థుడైన వెబర్ వాదిస్తున్నాడు. తాను చిన్నప్పుడు చదువుకున్నదికూడా అదే. కాని ఇటీవల ఇంగ్లండులో క్లెర్క్ మాక్స్‌వెల్ అనే ఆయన బయలుదేరి, దూరక్రియా వాదాన్ని తలకిందులు చేసేసి, విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రాలు తరంగాల రూపంలో ప్రయాణం చేస్తాయనీ, ఈ తరంగాల వేగం చాలా అధికమైనదే కాని అనంతమైనది మాత్రం కాదనీ సరికొత్తవాదం లేవదీశాడు. ఈ రెండు వాదాలలో ఏది సరియైనదో తేల్చు కోవాలనుకున్నాడు హెర్ట్జ్.

సుమారు 8 సంవత్సరాలపాటు ఈ సమస్యకి సమాధానం కోసం ప్రయత్నాలు చేశాడు హెర్ట్జ్. ఆఖరికి 1888లో తన ప్రయోగ ఫలితాలమీద "గాలిలో విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు, వాటి వక్రీభవనము" అనీ, "విద్యుత్ ప్రసరణము" అనీ రెండు పేపర్లు ప్రచురించాడు. వాటిని చూచి యావత్తు వైజ్ఞానిక ప్రపంచమూ శిరఃకంపం చేసింది.

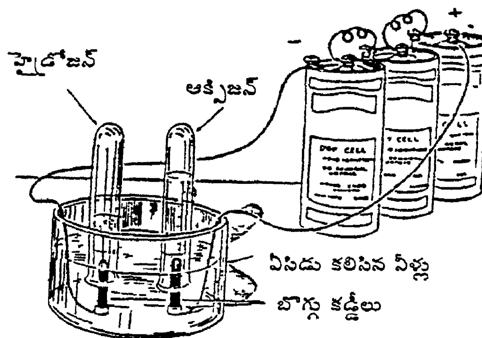
ఎందుకూ? వాటిలో అంత ప్రత్యేకత ఏముంది? బహు సామాన్యమైన భాషలో తాను చేసిన ప్రయోగాలను హెర్ట్జ్ వివరించాడు.

"విద్యుత్ అయస్కాంత క్రియలు అనంత వేగంతో కాక పరిమిత వేగంతోనే ప్రయాణం చేస్తాయని రుజువు చేయడానికి ప్రయత్నించాను. విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణం తరంగ రూపంలో ప్రయాణం చేస్తుందనీ ఈ క్రింద వివరించబోయే నా ప్రయోగాల ద్వారా నిరూపణమైంది" అని మొదలుపెట్టేడు.

విద్యుత్తరంగాలను సృష్టించడానికి ఒక పనిముట్టును (ట్రాన్స్ మిటర్), ఆ తరంగాలను పసికట్టడానికి మరొక పనిముట్టును (రిసీవర్) హెర్ట్జ్ స్వయంగా నిర్మించాడు. వాటి నిర్మాణం చాలా సింపుల్.

ట్రాన్స్‌మీటర్ నిర్మాణం

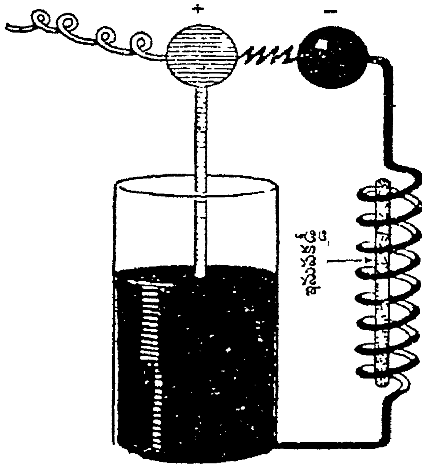
విద్యుత్తుతో నిండిన లైడెన్ జార్ తాలూకు లోపలి, వెలుపలి తగరపు రేకులను తీగతో కలిపితే రవ్వలు వస్తాయి అనీ, విద్యుత్తు డిశ్చార్జి అవుతుందనీ మనకి తెలుసు. అయితే లైడెన్ జార్ డిశ్చార్జి అవడానికీ, వోల్టాయిక్ బేటరీ తాలూకు ధ్రువాలు కలిపినప్పుడు విద్యుత్తు డిశ్చార్జి అవడానికీ భేదం ఉంది. వోల్టాయిక్ బేటరీ యొక్క ధ్రువాలను నీటిలో ముంచితే, రుణధ్రువం దగ్గర హైడ్రోజన్ వాయువు, ధనధ్రువం దగ్గర ఆక్సిజన్ వాయువు, విడుదల అవుతాయి.



రెండు హైడ్రోజన్ పరమాణువులు, ఒక ఆక్సిజన్ పరమాణువు కలియగా ఏర్పడ్డ నీటి అణువులు విద్యుత్తు చేత విశ్లేషింపబడి హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్ లుగా విడిపోతాయి.

కానీ, లైడెన్‌జార్ ధ్రువాలను నీళ్లల్లో ముంచితే రెండు ధ్రువాల దగ్గరా కూడా హైడ్రోజన్ – ఆక్సిజన్ వాయువుల మిశ్రమం తయారవుతుంది!

వోల్టాయిక్ బేటరీతో ఉక్కుముక్కను అయస్కాంతంగా మార్చడం చాలా సులభం. కాని, లైడెన్‌జార్‌లోని విద్యుత్తుతో ఇదేవిధంగా చేయబోతే – ఏంపియర్ సూత్రం ప్రకారం ఉత్తర ధ్రువం ఉండవలసినచోట ఒక్కొక్కప్పుడు దక్షిణ ధ్రువం ఏర్పడుతుంది.



లైడెన్ జార్‌లో స్పార్కుల వల్ల ఉక్కుముక్కతో అయస్కాంత ధ్రువాలు సందిగ్ధంగా ఏర్పడతాయని చూపే ప్రయోగం

ఈ నిదర్శనాలనుబట్టి లైడెన్ జార్‌లోని విద్యుత్తు డిశ్చార్జి అయి రవ్వలు వచ్చినప్పుడు దాని రెండు ధ్రువాల మధ్యనీ విద్యుత్ అనేక పర్యాయములు అటు నుంచి ఇటూ, ఇటు నుంచి అటూ ఉయ్యాలలూగినట్లు ప్రవహిస్తుందని గ్రహించారు. ఈ విధంగా జరగడానికి కారణం లైడెన్ జార్‌లో విద్యుత్పీడనం చాలా అధికంగా ఉండడమేనని అమెరికాలో జోసెఫ్ హెన్రీ, జర్మనీలో హెల్మ్ హోల్ట్జ్ ఊహించారు. ఊయలని ఒకవైపుకి లాగి విడిస్తే మధ్యకివచ్చి ఆగిపోకుండా ముందు వెనుకలకు ఊగిసలాడినట్లే ఇదీనూ. ఈ ఊగిసలాట సెకనులో సుమారు పది లక్షల వంతు కాలంపాటు నడుస్తుంది. దాని ధ్రువాలకు కలిపిన తీగ తాలూకు రెజిస్టెన్సునుబట్టి ఈ వ్యవధి మారుతూ ఉంటుంది. ఈ ఊగిసలాట (Oscillation) వల్ల విద్యుత్ తరంగాలు పుడతాయి. ఈ తరంగాల "ఫ్రీక్వెన్సీ"కి, సర్క్యూటులోని "కెపాసిటీ"కి గల సంబంధాన్ని లార్డ్ కెల్విన్ కనుగొన్నాడు.

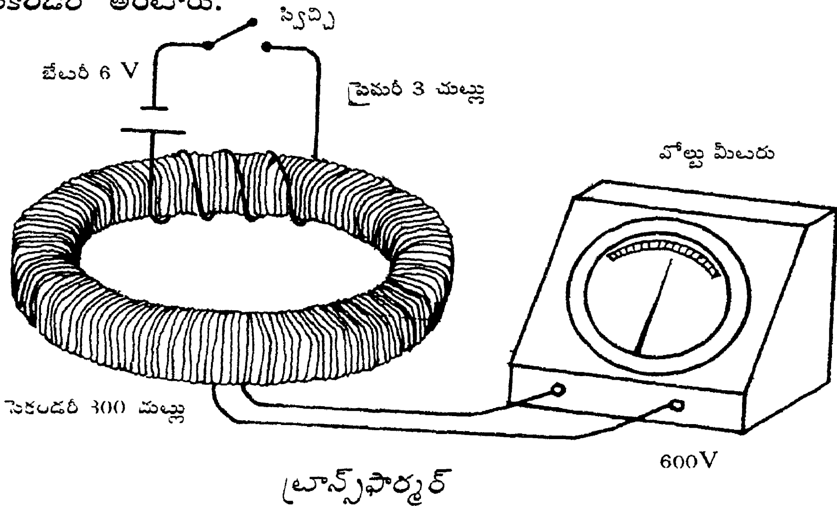
కెపాసిటీ తెలిస్తే ఏ ఫ్రీక్వెన్సీలో విద్యుత్ తరంగాలు ఉత్పత్తి అవుతాయో తెలుసుకోవచ్చు. కనుక విద్యుత్ రవ్వలు వచ్చే ఏ పనిముట్టునైనా సరే విద్యుత్ తరంగాల ట్రాన్స్‌మీటరుగా ఉపయోగించుకోవచ్చు.



విలియం థామ్సన్ (లార్డ్ కెల్విన్) (1824 – 1907)

ఈ పనికోసం ఫేరడే కనిపెట్టిన "ఇండక్షన్ కోయిల్" (Induction Coil) ఉపయోగించుకున్నాడు హెర్ట్జ్.

ఇనుపరింగు మీద ఇన్సులేట్ చేసిన రాగితీగతో 3 చుట్లు చుట్టు. దీనిని "ప్రైమరీ" అంటారు. అదే ఇనుపరింగు మీద మరో ఇన్సులేటెడ్ రాగి తీగతో 300 చుట్లు చుట్టు. దీనిని "సెకండరీ" అంటారు.



ట్రాన్స్‌ఫార్మర్

ప్రైమరీకి 6 వోల్టుల బేటరీ, ఒక స్విచ్చి కలుపు. సెకండరీకి ఒక వోల్టు మీటరు కలుపు.

ఇప్పుడు ప్రైమరీలోని స్విచ్చిని మూసినప్పుడూ, తెరిచినప్పుడూ సెకండరీలో విద్యుత్తు ప్రేరేపింపబడి, వోల్టుమీటరుముల్లు కదులుతుంది. ప్రైమరీ చుట్ల కన్న

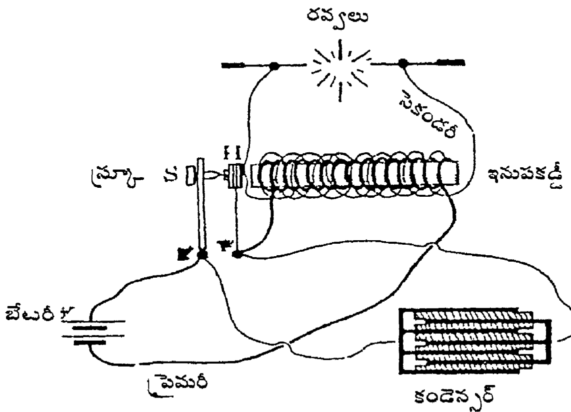
సెకండరీ చుట్లు ఎన్ని రెట్లు ఎక్కువ అయితే, ప్రైమరీ వోల్టేజికి అన్ని రెట్లు ఎక్కువ వోల్టేజి సెకండరీలో ఏర్పడుతుంది. మన బొమ్మలో ఈ నిష్పత్తి 300 – 3 = 100 కనుక వందరెట్లు ఎక్కువ వోల్టేజి (అంటే 6 X 100 = 600 వోల్టులు) సెకండరీలో ఏర్పడుతుంది.

ఇది ట్రాన్స్‌ఫార్మర్ సూత్రం.

ఈ చుట్ల నిష్పత్తిని ఇంకా పెంచి సెకండరీలో అనేక వేల వోల్టుల విద్యుత్పీడనాన్ని కల్పించవచ్చు.

కానీ, ప్రైమరీలోని విద్యుత్తు మారుతూ ఉంటేనే సెకండరీలో విద్యుత్తు ప్రేరేపింపబడుతుంది అని మనకు తెలుసు. కనుక నిరంతరం ప్రైమరీలోని స్విచ్చిని మూస్తూ తెరుస్తూ ఉండాలి. ఈపని చేతితో చేయనక్కరలేకుండా "ఎలక్ట్రిక్ బెల్" పని చేసే సూత్రంతో స్విచ్చి దానంతట అదే మూసుకుంటూ తెరుచుకుంటూ ఉండేలాగ చేయవచ్చు. దీనినే ఇండక్షన్ కోయిల్ అంటారు. దీనిలో ప్రైమరీకి 6V బేటరీని కలిపి, సెకండరీలో ఐదారువేల వోల్టుల విద్యుత్పీడనం కల్పించి, కొన్ని మిల్లీమీటర్ల ఎడంలో రవ్వలు ఎగిరేటట్లు చేయవచ్చు.

రవ్వలు వచ్చినప్పుడల్లా విద్యుత్తరంగాలు వెలువడతాయి. ఈ తరంగాలు రవ్వలు పుట్టినచోటునుంచి అన్ని వైపులకీ మన ఊహ కందనంత వేగంగా ప్రయాణం చేస్తూ పోతాయి అని మాక్స్‌వెల్ సిద్ధాంతం చెబుతోంది. నిజంగానే అటువంటి విద్యుత్తరంగాలు ఏర్పడతాయో లేదో హెర్ట్జ్ పరిశోధించదలుచుకున్నాడు, దీనిని ట్రాన్స్‌మీటరుగా ఉపయోగించి.

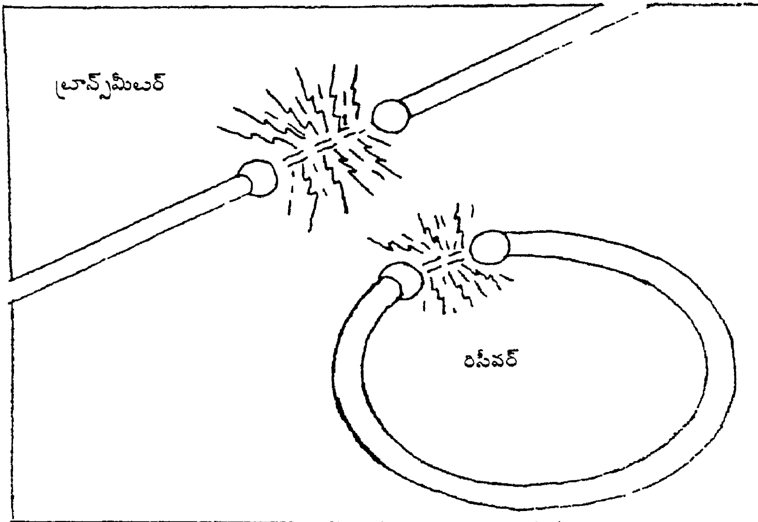


ఇండక్షన్ కోయిల్

రిసీవరు నిర్మాణం

గాలిలో విద్యుత్తరంగం ఉన్నదీ లేనిదీ ఎల్లా తెలుసుకోవడం? వాటి ఆచూకీ పట్టి ఇచ్చే సాధనం ఏముంది? అది ప్రయాణం చేసే వేగం అసాధారణమైనది కనుక సెకనులో వంద కోట్ల వంతు వ్యవధిలో ఆ తరంగాల ఉనికిని పసికట్టగలిగేదే ఉండాలి. ఇంతటి స్వల్పాతి స్వల్పమైన వ్యవధిలో విద్యుత్ తరంగాలను కనిపెట్టగల పనిముట్టు – ఆ తరంగాలను సృష్టించిన "రవ్వల ఎడం" (Spark Gap) తప్ప మరొకటి ఏముంటుంది? కనుక రాగి తీగను గుండ్రంగా వంచి, రెండు కొసలూ సాధ్యమైనంత దగ్గరగా తెచ్చి, ఒకదానికొకటి తగలకుండా మిల్లీమీటరుకన్న చిన్నఎడం (Gap) ఉంచితే, అదే విద్యుత్తరంగాలను గ్రహించగలగాలి. అది గ్రహించి మనకి ఎలా చెబుతుంది? ఆ తీగ కొసల ఎడంలో రవ్వలు కనిపిస్తే విద్యుత్తరంగం ఉన్నట్లూ, లేకపోతే లేనట్లూనూ. ఈ "రవ్వల చుట్ట" (Spark Coil) ను హెర్ట్జ్ కనిపెట్టేడు.

అయితే, ఆ రవ్వలు కనబడాలంటే (లేదా వాటి చప్పుడు వినబడాలంటే) ఆ విద్యుతరంగాలు చాలా శక్తిమంతమైనవై ఉండాలేమో? ట్రాన్స్‌మీటరుకి ఎంతదూరంలో ఈ రవ్వలచుట్టను (రిసీవరును) ఉంచాలి? రవ్వల చుట్టను ఎంత పెద్ద వలయంగా

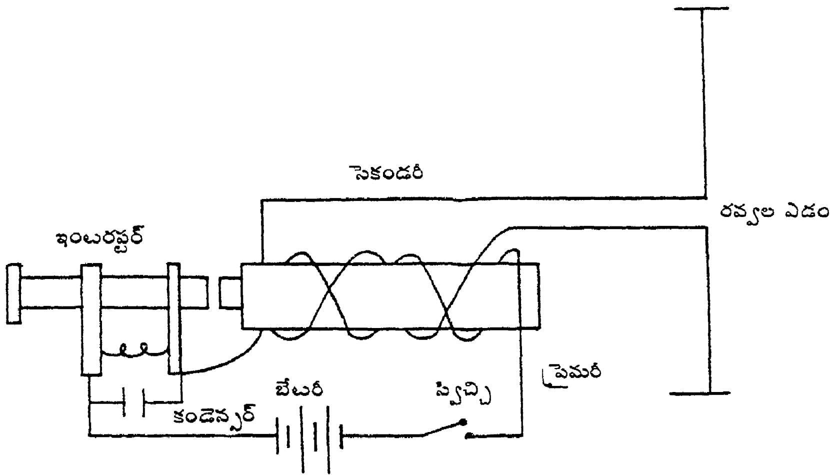


సూత్రప్రాయంగా హెర్ట్జ్ ఉపయోగించిన వి.అ. తరంగాల ట్రాన్స్‌మీటరు, రిసీవరూనూ

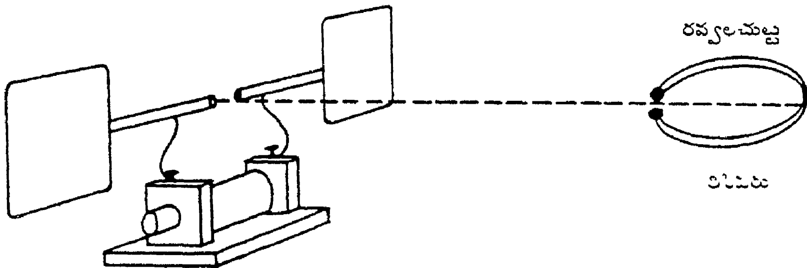
నిర్మించాలి? ఎడం ఎంత ఉంచాలి? ఈ రకమైన సందేహాలకు రెడీమేడ్ సమాధానాలు అతడి దగ్గర లేవు. ప్రయోగ పూర్వకంగా సమాధానాలు వెతుక్కుంటూ ఎదరకి వెళ్లాలి.

ఈ రకమైన ట్రాన్స్‌మీటరునూ, రిసీవరునూ తయారు చేసుకున్నాడు హెర్ట్జ్. వాటిలో ఎన్నోసార్లు రకరకాల మార్పులు చేశాడు. ఆఖరికి ట్రాన్స్‌మీటరులో రెండు ఇత్తడి గుండ్ల నడుమ 3 మిల్లీమీటర్ల ఎడం ఉంచాడు. దీనికి అటు 13 అడుగులు, ఇటు 13 అడుగులు పొడవుగల ఇత్తడి కడ్డీలు అతికించాడు; విద్యుత్తరంగాలను ప్రసారం చేయగల డైపోల్ ఏరియల్‌గా ఇవి ఉపయోగపడ్డాయి.

రిసీవరు తాలూకు రవ్వల ఎడాన్ని అవసరానుకూలంగా మార్చడానికి సున్నితమైన



A ట్రాన్స్‌మీటరు (సూత్రప్రాయంగా)



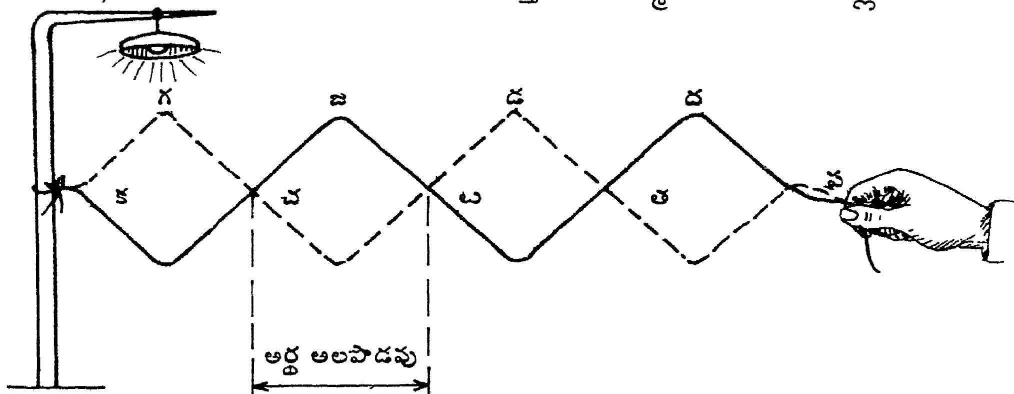
B ట్రాన్స్‌మీటరు (యదార్థంగా)

స్క్రూ అమర్చాడు.

యూనివర్సిటీ హాలులో ట్రాన్స్‌మీటరుని నేలకి 8 అడుగుల ఎత్తులో స్థిరంగా అమర్చాడు. 40 అడుగుల నిడివి ఉన్న ఆ హాలు పొడుగునా – ట్రాన్స్‌మిటరు ఉన్న ఎత్తులో – తాను అటూ ఇటూ నడవడానికి వీలుగా బల్లలతో ఎత్తైన నడవ తయారు చేశాడు. ఆ హాలు చివర – ట్రాన్స్‌మీటరుకి ఎదురుగా 12 అడుగుల ఎత్తు, 6 అడుగుల వెడల్పు కలిగిన జింకు రేకును గోడకి బిగించాడు – ట్రాన్స్‌మీటరు పంపే విద్యుత్తరంగాలను ప్రతిఫలించి వెనక్కి పంపించడంకోసం. ఇల్లాగ ప్రతిఫలించడం ఎందుకూ?

స్థిర తరంగాలు (Standing waves)

ఒక స్తంభానికి పొడుగుపాటి తాడు కట్టి, దాని రెండవ కొస పట్టుకుని, పైకీ కిందకీ ఆడిస్తూ ఉంటే, ఆ తాడు తరంగాల రూపంలో కనిపిస్తుంది బొమ్మలో చూపించినట్లు. ఆ తాడు



స్థిర తరంగాలు

కొన్నిచోట్ల (క–చ–ట–త–ప... అనేచోట్ల) కదలకుండా స్థిరంగా ఉన్నట్లు కనిపిస్తుంది. వీటిని "*నిశ్చల బిందువులు*" (Nodes) అంటారు. వీటికి సరిగ్గా మధ్యలో తాడు అత్యధికంగా పైకీ కిందికీ కదులుతున్నట్లుంటుంది కొన్నిచోట్ల (గ–జ–డ–ద.... అనే చోట్లు). వీటిని "*ఉచ్చల బిందువులు*" అంటారు.

మనిషి చేతినుంచి స్తంభంవైపు వెడుతున్న తరంగము, స్తంభానికి తగిలి ప్రతిఫలించి వెనక్కి తిరిగి వచ్చిన తరంగము కలిసి, ఈ రకమైన డిజైను ఏర్పడింది. వీటిని "*స్థిర తరంగాలు*" అంటారు.

నిశ్చలబిందువులన్నీ సమాన దూరాలలో ఉంటాయి. రెండు పక్క పక్క నిశ్చల బిందువుల మధ్యదూరం "అర్థ అలపొడవు" (Half Wavelength) ఉంటుంది. అంటే కచ = చట = టత = తప = అర్థ అల పొడవు.

అల్లాగే రెండు పక్క పక్క ఉచ్చలబిందువుల మధ్యదూరం కూడా అర్ధ అలపొడవే అంటే –

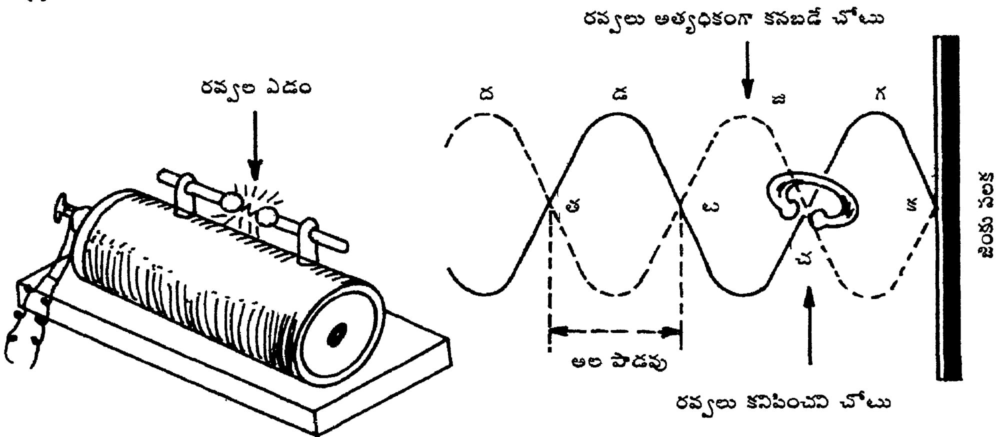
గజ = జడ = డద = అర్ధ అలపొడవు.

చెరువు నీటిలో రాయి వేస్తే ఇటువంటి అలలే ఏర్పడతాయి.

విద్యుత్తు కూడా తరంగాల రూపంలో ప్రయాణం చేయడమే నిజమైతే, జింకు పలకకి తగిలి, పరావర్తనం చెంది ఇటువంటి స్థిర తరంగాలే ఏర్పడాలి. అందులోకూడా నిశ్చల బిందువులు, ఉచ్చల బిందువులు అనేవి ఉండాలి.

అదిగో ఆ నిశ్చల బిందువుల కోసమే హెర్ట్జ్ వెతుకుతున్నాడు, రవ్వల చుట్ట రిసీవరు చేత పట్టుకుని. అవతల ఇండక్షన్ కోయిల్ పని చేస్తోంది; ట్రాన్స్మిటరు తాలూకు రవ్వల ఎడంలో స్పార్కులు కరకరమంటూ ఎగురుతున్నాయి.

హాలు చివరనున్న జింకు రేకు దగ్గరగా రవ్వలచుట్టనుంచి, జాగ్రత్తగా గమనించాడు హెర్ట్జ్. స్పార్కులు కనబడలేదు. తరవాత రవ్వలచుట్టను నెమ్మదిగా ట్రాన్స్మీటరు వెపుగా జరుపుకుంటూ ఏం జరుగుతుందోనని కళ్లు చించుకుని చూశాడు. రవ్వల ఎడంలో స్పార్కులు అల్పాల్పంగా కనిపించేయి. అదే దిశలో రవ్వలచుట్టను జరుపుతూ ఉంటే స్పార్కులు అంతకంతకు అధికంగా కనిపించి, ఒకచోట గరిష్ఠస్థితికి వచ్చి, ఆ తరువాత రవ్వలు క్రమక్రమంగా తగ్గి తగ్గి, ఒకచోట పూర్తిగా మాయమైపోయాయి! రవ్వలచుట్టను అదే దిశలో ఇంకా కదుపుతూపోతే ఇప్పుడు వర్ణించిన వరుసక్రమమే మళ్లీ మళ్లీ రిపీట్ అయింది.



విద్యుత్తరంగాల అలపొడవును నిర్ణయించిన పద్ధతి

దీని అర్థమేమిటి?

సిద్ధాంతరీత్యా, క,చ,ట,త.... అనే నిశ్చలబిందువుల దగ్గర రవ్వల చుట్టలో స్పార్కులు బొత్తిగా కనబడవు. గ,జ,డ,ద అనే ఉచ్చల బిందువుల దగ్గర రవ్వలు అత్యధికంగా కనిపిస్తాయి. నిశ్చల బిందువులనుంచి ఉచ్చల బిందువులవైపు కదులుతూ ఉంటే రవ్వలచుట్టలో స్పార్కులు అంతకంతకు అధికమవుతూ పోతాయి. ఉచ్చల బిందువునుంచి నిశ్చల బిందువువైపు జరుగుతూ ఉంటే స్పార్కులు అంతకంతకూ తగ్గుతూ పోవాలి.

హెర్ట్జ్ చేసిన ఈ ప్రయోగంలో అచ్చంగా ఈవిధంగానే స్పార్కులు కనిపించాయి. అంటే విద్యుత్తు తరంగాలరూపంలో ప్రయాణం చేస్తుందని రుజువు అయినట్లే కదా?

విద్యుత్ తరంగ వేగం

విద్యుత్తు తరంగాల రూపంలో ప్రయాణం చేస్తుంది అంటే, వాటి వేగం పరిమితమైనదేకాని, అనంతమైనది కాదని తెలుస్తోంది. ఆ వేగాన్ని కొలవడానికి ప్రయత్నించాడు హెర్ట్జ్.

స్పార్కులు విడుస్తున్న ట్రాన్స్‌మీటరు తాలూకు కెపాసిటీని బట్టి, సెకనుకి ఎన్ని తరంగాలు వెలువడుతున్నాయో (అంటే ఫ్రీక్వెన్సీ ఎంతో) నిర్ణయించే పద్ధతిని ఇంతకుముందే లార్డ్ కెల్విన్ కనిపెట్టి ఉన్నాడు. ఆ పద్ధతిని ఉపయోగించి తన ట్రాన్స్‌మీటరు సెకనుకి 3 కోట్ల విద్యుత్ తరంగాలను విడుస్తున్నదని హెర్ట్జ్ లెక్కవేశాడు.

తన ప్రయోగంలో స్పార్కులు బొత్తిగా కనిపించని నిశ్చల బిందువుల మధ్యదూరం కొలవగా 5 మీటర్లు అని తేలింది. ఇది అర్ధ అలపొడవు కనుక, పూర్తి అలపొడవు 10 మీటర్లు అన్నమాట.

తరంగ వేగము = ఫ్రీక్వెన్సీ X అల పొడవు.

కనుక విద్యుత్తరంగాల వేగము = 30,000,000 X 10

= 300,000,000 మీటర్లు సెకనుకి

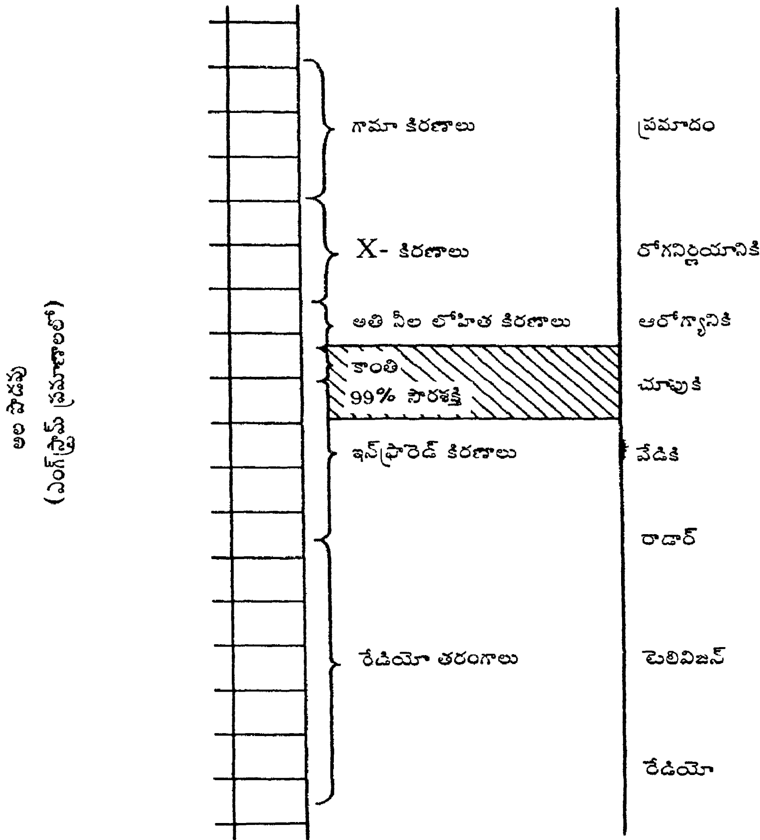
లేదా సెకనుకి 3 లక్షల కిలోమీటర్లు అన్నమాట!

అద్భుతం! మాక్స్‌వెల్ లెక్కవేసిన వేగంకూడా ఇదే! కాంతి వేగం కూడా ఇదే.

ఈ విధంగా విద్యుదయస్కాంత తరంగాలూ, కాంతి తరంగాలూ ఒకే జాతివి అని హెర్ట్జ్ తన ప్రయోగాలద్వారా రుజువుచేశాడు. ఈ రెండిటికి భేదం ఫ్రీక్వెన్సీలోనే (లేదా అల పొడవులోనే).

హెర్ట్జ్ తరంగాల (రేడియో తరంగాల)కన్న ఉష్ణ తరంగాలు సుమారు కోటి రెట్లు పొట్టివి. ఉష్ణతరంగాలకన్న కాంతి తరంగాలు సుమారు వెయ్యి రెట్లు పొట్టివి. కాంతి

తరంగాలకన్న X- తరంగాలు సుమారు వెయ్యిరెట్లు పొట్టివి X- తరంగాలకన్న గామా తరంగాలు సుమారు వెయ్యిరెట్లు పొట్టివి.



వివిధ విద్యుదయస్కాంత తరంగాలూ –
వాటి ఉపయోగాలు

ఇవి అన్నీ విద్యుదయస్కాంత తరంగాలే. వీటి అల పొడవులు వేరువేరు అయినప్పటికీ శూన్య ప్రదేశంలో ఇవి అన్నీ ఒకే వేగంతో ప్రయాణం చేస్తాయి.

ఒకదానికొకటి సంబంధంలేనట్లు కనిపించే వివిధ ప్రకృతి శక్తులు (కాంతి శక్తి, ఉష్ణశక్తి, X- కిరణశక్తి, రేడియో తరంగ శక్తి మొదలైనవి) అన్నీ ఒకే జాతికి చెందినవి అని తరువాత శాస్త్రజ్ఞులు తెలుసుకోగలగడం గొప్ప ఆవిష్కరణ అని చెప్పవచ్చు.

అంతటితో ఆగక హెర్ట్జ్ తన పరిశోధనలను ఇంకా కొనసాగించాడు. రేడియో తరంగాలకీ, కాంతితరంగాలకీ పోలిక ఒక్క వేగ సమానత్వంలోనే కాక పరావర్తనం (Reflection), వక్రీభవనం (Refraction), పోలరైజేషన్ వంటి వివిధ క్రియలలో కూడా పోలికలున్నాయని ప్రయోగపూర్వకంగా రుజువు చేయదలచాడు.

రేడియోతరంగాల పరావర్తనం

ట్రాన్స్‌మీటరు కెపాసిటీని తగ్గించి, దాని నుంచి వెలువడే వి.అ. తరంగాల అలపొడవు 20 సెం. మీ. మాత్రమే ఉండేటట్లు చేశాడు. టార్చిలైటులో మెరిసే అద్దంవంటి ధనురాకార దర్పణాన్ని (Parabolic Reflector) జింకు రేకుతో తయారుచేసి, దాని ఫోకస్ దగ్గర ట్రాన్స్‌మీటరు అమర్చి, ఆ తరంగాలు బలహీనమై పోకుండా చాలాదూరం వెళ్ళేటట్లు చేశాడు. అటువంటి రిఫ్లెక్టరునే మరిఒకటి తీసుకుని దాని ఫోకస్‌వద్ద రిసీవరు నుంచాడు.

ఈ అమరికతో కేవలం 40 అడుగులేకాదు, 400 అడుగులదాకా రేడియో తరంగాలను గ్రహించగలిగేడు. మధ్యలో ఆ హాలు తలుపులు మూసేసినా సరే ఆ తరంగాలు తలుపులలోంచి, గోడలలోంచి నిరాటంకంగా దూసుకునివెళ్లి రిసీవరును చేరుకున్నాయి! ఇందులో ఆశ్చర్యపోవలసినదేమీ లేదు; కాంతి కిరణాలు గాజులోనుంచి దూరి వెళ్లగలిగినట్లే రేడియో తరంగాలు కర్రలోంచి, ఇటుకల్లోంచి సునాయాసంగా వెళ్లగలవు. తలుపులు మూసిన గదిలో ఉన్నప్పటికీ రేడియో పనిచేయగలగడం మనకి ఆశ్చర్యం కలిగించడంలేదు, అతిపరిచయంవల్ల.

కాంతి కిరణాలు అద్దంమీదపడి పరావర్తనంచెందినట్లే, రేడియోతరంగాలు జింకు పలకమీదపడి పరావర్తనం చెందుతాయనీ, పరావర్తనసూత్రాలు రెండిటికీ సమానమేననీ హెర్ట్జ్ కనుగొన్నాడు.

ట్రాన్స్‌మీటరుకీ, రిసీవరుకీ మధ్య లోహపు రేకు అడ్డుపెడితే, దాని "నీడ" లో ఉన్న రిసీవరుకి తరంగాలు చేరుకోలేవని చూపించాడు.

గాజు పట్టకం (Prism) లోనుంచి వెళ్లిన కాంతి వంపు తిరిగినట్లుగానే రేడియో తరంగాలు వంపు తిరుగుతాయని అతడు నిరూపించాడు, 100 కి.గ్రా. తారు నింపిన కర్ర పెట్టెను పట్టకంగా ఉపయోగించి.

ఈ విధంగా కాంతికిగల సమస్త లక్షణాలూ రేడియో తరంగాలకు కూడా ఉన్నాయని చూపించాడు.

రేడియో రిసీవరు తయారుచేసిన మొదటివాడు హెర్ట్జ్ అనే చెప్పాలి. అతడు నిర్మించిన రవ్వలచుట్ట అదేకదా? ఈ రిసీవరు సంగీతాన్ని వినిపించలేక పోవచ్చు కానీ, రేడియో తరంగాలను గ్రహించి చూపగల శక్తి దీనికి ఉంది కదా?

రేడియో తరంగాలను సృష్టించిన మొదటివాడు మాత్రం హెర్ట్జ్ కాదు. ఈ పని మానవుడికన్నా చాలా ముందుగా ప్రకృతే చేసింది. మబ్బులలో మెరుపు మెరిసినప్పుడల్లా రేడియో తరంగాలు ఉత్పత్తి అవుతాయి. మెరుపు అంటే విద్యుత్తు డిశ్చార్జి ఆ సమయంలో రేడియో పనిచేస్తున్నట్లయితే బర్ర్ర్ర్ మని చప్పుడు వినిపించడం గమనించే ఉంటారు.

హెర్ట్జ్ చేసిన ఈ మహత్తర పరిశోధనకు గుర్తింపుగా రేడియో తరంగాలను హెర్ట్జియన్ తరంగాలు అని కూడా అంటారు. రేడియో తరంగాల ఫ్రీక్వెన్సీని "హెర్ట్జ్" లో సూచిస్తారు. ఉదాహరణకి 3 MHZ లేదా 3 మిలియన్ హెర్ట్జ్ అంటే ఫ్రీక్వెన్సీ సెకనుకి 3 మిలియన్ సైకిల్సు అని అర్థం.

అతడి దగ్గర రీసెర్చి అసిస్టెంటుగా పనిచేసిన ఫిలిప్ లెనార్డ్‌కి తరవాత నోబెల్ బహుమానం లభించింది.

1893లో ఏదో అర్థం కాని జబ్బు చేసింది. ఆఖరికి కేన్సరు అన్నారు. తలకి ఆపరేషను చేశారు. ఆ పరిస్థితులలోనే అతడు "మెకానిక్సు" మీద వ్రాస్తున్న పుస్తకం అతికష్టంమీద పూర్తి చేయగలిగేడు. దానిమీద డిసెంబరు 7న అతడు ఆఖరుసారి ఉపన్యసించాడు. 1894 సంవత్సరాదినాడు తన 36వ ఏట ఆ ఉజ్వల నక్షత్రం అస్తమించింది. అతని భార్య, ఇద్దరు కూతుళ్లు 1937లో నాజీలకు వెరచి ఇంగ్లండుకి పారిపోవలసి వచ్చింది.

---

8 విద్యుత్తు బరువు

మొట్టమొదట్లో విద్యుత్తు అనేది ఒక రకమైన ద్రవ్యం అనుకునేవారు. తరువాత అది ద్రవ్యం కాదనీ, ఒక రకమైన శక్తి అనీ తెలుసుకున్నారు. ఆ శక్తి వేడిమిలాగే వస్తువులలోనుంచి ప్రవహిస్తుందని ఊహించుకున్నారు. తరువాత అది కూడా సరియైన ఉపమానం కాదని తెలుసుకున్నారు. అది కణముల రూపంలో ఉండి ఉండాలని గ్రహించారు. అంటే మొదట్లో కొట్టిపారవేసిన ద్రవ్య సిద్ధాంతం దగ్గరకే వచ్చారన్నమాట. ఆ కణముల సైజు, బరువూ కూడా కొలవగలిగేరు. విద్యుత్తును గురించి ఆమూలాగ్రమూ అర్థమై పోయిందని సంతోషించారు. మళ్లీ అంతలో అది కణముల రూపంలో కూడా ఉండదనీ, తరంగాల రూపంలో ఉంటుందనీ ఊహించవలసి వచ్చింది! అంతా గందరగోళం అయిపోయింది. "తెలియని వాడనై మెలగితిన్ *గతమయ్యెనితాంత గర్వమున్*" అన్నట్లు అయింది

ఉన్న సిద్ధాంతాన్ని మార్చి, మాటిమాటికీ మరో కొత్త సిద్ధాంతాన్ని లేవదీస్తూ ఉండడానికి కారణం శాస్త్రజ్ఞుల "చపలత్వం" అని మాత్రం అనుమానించ కండి సుమా! వారి తర్కం అమోఘమైనది. "ప్రయోగ శరణమ్ వ్యాకరణమ్" అన్నట్లు ఆ తర్కానికి మూలాధారం ప్రయోగ ఫలితాలు. ఒక్కొక్క తెలివైనవాడు బయలుదేరి, ఒక కొత్త ప్రయోగం చేసేసరికి ఆ ప్రయోగ ఫలితాలను పూర్వ సిద్ధాంత సహాయంతో సమర్థించడం సాధ్యం కాని పరిస్థితి ఏర్పడేది. అంటే పాత సిద్ధాంతం సరియైనది కాదన్నమాటే కదా? అయినా సరే, తా పట్టిన కుందేటికి మూడే కాళ్లని భీష్మించుకు కూర్చోక, కొత్త పరిశీలనలకు అనుగుణంగా తమ సిద్ధాంతాలను మార్చుకోడానికి శాస్త్రజ్ఞులు వెనుకాడకూడదు. తరుచు బహు ప్రియమైన పాత సిద్ధాంతాన్ని పట్టుకుని కొంతమంది కొంతకాలంపాటు వేళ్లాడినా, బలవత్తరమైన పరిశోధన ఫలితాల ధాటికి ఎదురు నిలవడం ఎంతో కాలం సాధ్యం కాదు.

ఇది అంతా బహు ఆశ్చర్యకరమైన కథ.

గాలిలో నుంచి విద్యుత్ప్రవాహం

గాజుకడ్డీని సిల్కుగుడ్డతో రుద్దితే విద్యుత్తు పుడుతుందని విలియం గిల్బర్ట్ తెలుసుకుని

రెండు శతాబ్దాలు కావస్తోంది. విద్యుదావేశితమైన గాజుకడ్డీని అల్లాగే గాలికి వదిలేస్తే దానిమీది విద్యుత్తు క్రమక్రమంగా క్షీణించిపోతుందని తెలుసుకున్నారు. ముఖ్యంగా మొనదేలిన వస్తువులనుంచి మరీనూ. ఇది నెమ్మదిగా జరిగే ప్రక్రియ.

మబ్బులలో కనిపించే మెరుపులు విద్యుత్తు డిశ్చార్జివల్ల ఏర్పడ్డవేనని బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్ రుజువు చేశాడు; ఇది అతివేగంగా జరిగే ప్రక్రియ.

మామూలుగా గాలి విద్యున్నిరోధకమే (ఇన్సులేటర్) అయినప్పటికీ కొన్ని ప్రత్యేక పరిస్థితులలో మాత్రం గాలిలోంచి విద్యుత్తు ప్రవహించగలదని తెలుస్తోంది. అయితే ఆ పరిస్థితులేమిటో తెలుసుకోవాలని 19వ శతాబ్ది చివరి భాగంలో శాస్త్రజ్ఞులకి జిజ్ఞాస కలిగింది. చాలామంది బహుముఖాలుగా ప్రయోగాలకు పూనుకున్నారు. ఈ రంగంలో అతి వేగంగా అనేక కొత్త రహస్యాలు వెలుగులోకి వచ్చాయి. కాని వాటినన్నిటినీ సమర్థించగల సిద్ధాంతం మాత్రం అంత త్వరగా బయటికి రాలేక పోయింది.

లోహాలలో విద్యుత్తు ప్రవహించడానికి తగిన ఓమ్ వంటి సూత్రాలు వాయువుల విషయంలో సరిపోలేదు. మరో తమాషా ఏమిటంటే వాయువు వత్తిడి తగ్గిస్తే దాని విద్యున్నిరోధకత్వం తగ్గిపోసాగింది. కానీ, సంపూర్ణ శూన్య ప్రదేశంలో విద్యుత్తు ప్రవహించదు; (విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు ప్రసరించడం వేరు).

వత్తిడి తగ్గించుకుంటూపోతే ఒకే సూత్రంలో ఇమడని అనేక విభిన్న లక్షణాలు బయటపడ్డాయి. ఈ సమాచారం నుంచి చాలా విలువైన విద్యుత్తు – పరమాణు రహస్యాలు తెలిసి వచ్చాయి. విద్యుత్తు ఎక్కడ ఉంటుందో తెలిసింది. ఎంత ఉంటుందో తెలిసింది. దాని ప్రయోజనమేమిటో తెలిసింది.

ఈ విధంగా మన విద్యుత్కథకి నాటకంలో ఇది అతి ముఖ్యమైన చరమాంకం.

హైన్రిక్ గెస్లర్ (1814–1879)

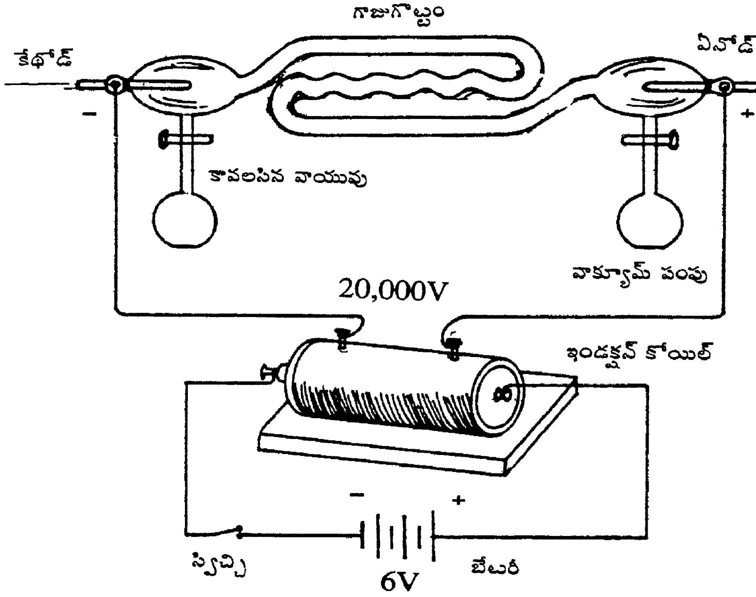
ఈ రంగంలో కృషి చేసిన తొలి పరిశోధకులలో గెస్లర్ ప్రముఖుడు. అతడు తన పరిశోధన కోసం పొడుగైన గాజుగొట్టం తీసుకున్నాడు.

ఆ గొట్టానికి ఆచివరా, ఈచివరా చెరి ఒక ప్లాటినం తీగ ముక్కని దూర్చి, కరిగిన గాజుతో సీలు చేసేశాడు.

ఆ గొట్టంలోనుంచి గాలి తీసెయ్యడానికి "వాక్యూమ్ పంపు" ఉపయోగించాడు. అటువంటి పంపును అంతకుముందే రాబర్ట్ బోయిల్ కనిపెట్టేడు; దానిని ఇతరులు అభివృద్ధి చేశారు.

ఇండక్షన్ కోయిల్ తాలూకు హైవోల్టేజి ధ్రువాలను ఆ గొట్టంలో దూర్చిన ప్లాటినం తీగలకు కలిపేడు. ధన ధ్రువానికి "ఏనోడ్" (Anode) అనీ, రుణ ధ్రువానికి "కేథోడ్"

(Cathode) అని పేర్లు. ఈ విధంగా అనేక వేల వోల్టుల విద్యుత్పీడనం "గైస్లర్ గొట్టం" లోని ఎలక్ట్రోడుల మధ్య ఏర్పడింది.



గైస్లర్ డిశ్చార్జి ట్యూబు

తగినంత హెచ్చు విద్యుత్పీడనం ఉంటే, గొట్టం లోపల గాలి వత్తిడి తగినంత అల్పంగా ఉంటే, హఠాత్తుగా గొట్టం లోపల వెలుగు కనిపిస్తుంది; బర్ర్ర్ మని చప్పుడు వినిపిస్తుంది. అంటే ఎలక్ట్రోడులమధ్య గాజుగొట్టంలోని గాలిలో "డిశ్చార్జి" మొదలైంది అన్నమాట.

ఆ గాజుగొట్టం ఎంత పొడుగున్నా, ఎన్ని వంపులు తిరిగినా డిశ్చార్జి అవుతూనే ఉంటుంది.

గొట్టంలోని గాలి తీసేసి, దాని బదులు నియాన్, క్రిప్టాన్, బేరియం, సోడియం వంటి రకరకాల వాయువులను ప్రవేశపెట్టి మళ్లీ ఇదే విధంగా డిశ్చార్జి చేసి చూశాడు. గొట్టంలో మామూలు గాలి ఉంటే లేత ఎరుపు రంగు వెలుగు, నియాన్ ఉంటే చిక్కని ఎరుపు, కార్బన్ డై ఆక్సైడు ఉంటే నీలి, సోడియం ఉంటే పసుపు.... ఈవిధంగా

ఒక్కొక్క వాయువుకి ఒక్కొక్క రంగు వెలుగు కనిపిస్తుందని తెలుసుకున్నాడు.

ఈనాడు మనం ప్రకటనలకోసం వాడుతున్న నియాన్ లైట్లూ, తెల్లని వెలుగునిచ్చే ట్యూబులైట్లూ మొదలైనవన్నీ గైస్లర్ డిశ్చార్జి దీపాలవంటివే.

సర్ విలియం క్రూక్స్ (1832 – 1919)



సర్ విలియం క్రూక్స్ (1832 – 1919)

1879లో లండన్‌లోని కెన్సింగ్టన్ గార్డెన్సులో సర్ విలియంగారి ఇంటి దగ్గర ఆయనని కలుసుకోవాలని వచ్చిన లాయర్లు, ఎడిటర్లు, కంపెనీల మేనేజర్లు కచేరీ సావట్లో కూర్చుని ఎదురు చూస్తున్నారు. బంగారు పొన్ను కర్రలు మోకాళ్ల మధ్య నొక్కిపట్టి, నల్ల విరుగుడు చావ కుర్చీల అంచులమీద బులబుల్లాగ కూర్చుని, గోడ గడియారంకేసి మాటిమాటికీ చూస్తున్నారు. వాళ్ల టోపీలు అందుకుని, వంకీలకి తగిలిస్తూ, "అయ్యగారు లేబరేటరీలో ఉన్నారు, పని అవగానే వచ్చి కలుసుకుంటారు" అని బట్లరు వారందరికీ బహు మర్యాదగా చెప్పి కూర్చోమన్నాడు.

విలియం క్రూక్స్ యూనివర్సిటీలో ప్రొఫెసరేమీ కాదు కాని, ఆయనకి చాలా మంది ప్రొఫెసర్లు దగ్గర స్నేహితులు. నిజానికి ఆయన బుక్ పబ్లిషరు, చాలా పరిశ్రమలతో సంబంధం ఉన్నవాడూనూ. వైజ్ఞానిక పరిశోధన ఆయన హాబీ.

ఆఖరికి క్రూక్స్ కచేరీ సావట్లోకి వచ్చాడు నల్లకోటు వేసుకుని. మైనం పూసి మెలి తిప్పిన ఆయన మీసాలూ, కళ్లూ సూదుల్లాగ మెరుస్తున్నాయి. పెట్టవలసిన సంతకాలు పెట్టేడు. ఇవ్వవలసిన చెక్కులు రాసి ఇచ్చాడు. వినవలసిన వ్యాపార విషయాలు విన్నాడు. వాళ్లంతా వెళ్లిపోయారు. కాని ఆయన లేబరేటరీలో చేస్తున్న పనేమిటో

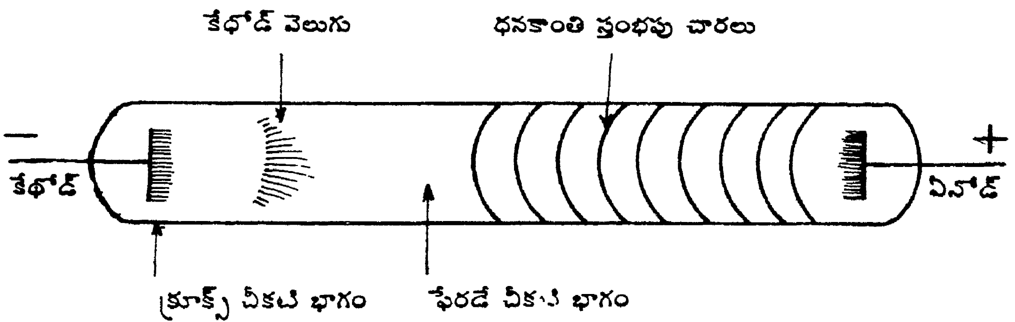
వాళ్లకెవ్వరికీ తెలియదు. గాలి తీసేసి విద్యుత్తు పంపిన గాజుగొట్టంలో బచ్చలిపండు రంగు కాంతి ఏవిధంగా పుట్టిందో వాళ్లకెందుకూ?

వాయువులలో ఎలక్ట్రిక్ డిశ్చార్జివల్ల రకరకాల వెలుగు సృష్టించడంతో ఆగిపోయిన గైస్లర్ పరిశోధనలను ఇంకా ముందుకు తీసుకుపోయాడు క్రూక్స్. ఆయన దగ్గర ఉన్న కొత్త వాక్యూమ్ పంపుతో "డిశ్చార్జి ట్యూబు" లో శూన్యాన్ని మరింత బాగా సృష్టించడం సాధ్యమైంది. వివిధ వత్తిడులలో డిశ్చార్జి ట్యూబులో వచ్చే మార్పులను జాగ్రత్తగా పరిశీలించాడు.

వత్తిడి సుమారు 100 మిల్లీమీటర్లు * ఉంటే డిశ్చార్జిట్యూబులో వెలుగు రేఖలు అడ్డదిడ్డంగా కనబడడం మొదలు అవుతుంది, పటపటమని చప్పుడుతో.

పీడనం 10 మి.మీ.కి తగ్గిస్తే కాంతిరేఖలు విస్తరించి ధనధ్రువం (Anode) దగ్గరనుంచి ఇంచుమించు ఋణధ్రువం (Cathode) దాకా అఖండమైన కాంతి స్తంభంలాగ కనిపిస్తుంది. పటపట శబ్దంలో మార్పు వచ్చి బజ్‌జ్‌జ్‌మని నిరంతరాయంగా వినిపిస్తుంది. వెలువడే కాంతి డిశ్చార్జి ట్యూబులోని వాయువునుబట్టి ఉంటుంది. ఈ వెలుగును "ధనకాంతి స్తంభం" (Positive Column) అంటారు.

పీడనాన్ని 3–4 మి.మీ.కి తగ్గిస్తే ఋణధ్రువంమీద నీలి రంగు వెలుగు కనిపిస్తుంది. దీనిని "కేథోడ్ వెలుగు" (Cathode Glow) అంటారు. ఈ వెలుగుకీ ధన కాంతిస్తంభానికీ మధ్య నల్లగా ఖాళీభాగం కనిపిస్తుంది; దీనిని "ఫేరడే చీకటి భాగం" (Faraday Dark Space) అంటారు.



0.1 మి.మీ. వత్తిడిలో డిశ్చార్జి ట్యూబులో కన బడే దృశ్యం.

* వాయు పీడనాన్ని పాదరస స్తంభపు ఎత్తుతో కొలుస్తారు సముద్ర మట్టం దగ్గర 0^{0} c ఉష్ణోగ్రతలో భూవాతావరణపు వత్తిడి 760 మిల్లీ మీటర్ల పాదరస స్తంభానికి సమానం.

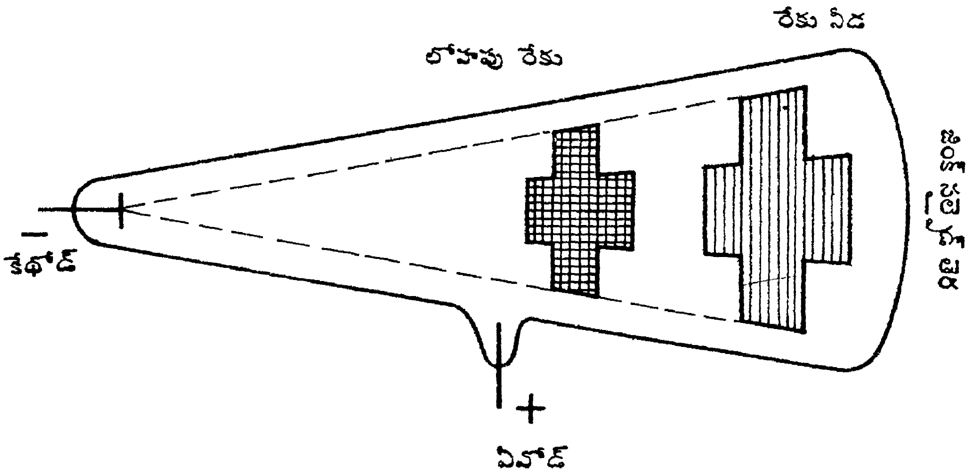
పీడనం సుమారు 1 మి.మీ. అయినప్పుడు ధన కాంతిస్తంభం కురుచ బారుతుంది. ఫేరడే చీకటి భాగపు పొడవు పెరుగుతుంది.

పీడనం 0.1 మి.మీ. అయినప్పుడు కేథోడుకీ, కేథోడు వెలుగుకీ మధ్య మరొక చీకటి భాగం ఏర్పడుతుంది; దీనిని "క్రూక్స్ చీకటి భాగం" (Crook's Dark Space) అంటారు. ధన కాంతిస్తంభం "వెలుగు చీకట్ల చారలు" గా విడిపోతుంది.

వత్తిడి ఇంకా తగ్గిస్తే వెలుగు క్రమంగా తగ్గిపోతుంది; కాంతి చారలు ఏనోడ్ వైపుగా జరిగి మాయమైపోతాయి. క్రూక్స్ చీకటి భాగము, కేథోడ్ వెలుగూ విస్తరిస్తాయి.

0.01 మి.మీ. వత్తిడిలో క్రూక్స్ చీకటి భాగంతో ఇంచుమించు గొట్టం అంతా నిండుతుంది. కేథోడ్‌కి ఎదురుగాఉన్న గాజుగొట్టపు గోడ నీలిగానో ఆకుపచ్చగానో వెలుగుతుంది; ఆ గాజులో ఉన్న ఖనిజాలనుబట్టి ఈ రంగు మారుతుంది.

గొట్టంలోపల కేథోడుకి ఎదురుగా ఉన్న గోడమీద జింక్ సల్ఫైడ్ పూత పూస్తే, ఆ భాగం డిశ్చార్జి అవుతూ ఉన్నంతసేపూ చీకట్లో మెరుస్తూ ఉంటుంది.



కేథోడుకీ, జింకు సల్ఫైడు తెరకీ మధ్యలో లోహపురేకు అడ్డుపెట్టగా, దాని నీడ స్ఫుటంగా తెరమీద కనిపించింది. దీని అర్థం ఏమిటి? కేథోడునుంచి ఏవో వచ్చి తెరకి తగులుతున్నాయనీ, వాటివల్లనే చీకట్లో ఆ తెర మెరుస్తోందనీ, అవి సరళరేఖలలో ప్రయాణం చేస్తున్నాయనీ, అవి లోహంలో నుంచి దూరి వెళ్ళలేకపోవడంచేతనే తెరమీద దాని నీడ పడింది అనీ తెలుస్తోంది.

వీటికి "కేథోడ్ కిరణాలు" (Cathode Rays) అని పేరుపెట్టేడు క్రూక్స్.

కేథోడ్ కిరణాల దారిలో సులభంగా తిరిగే సున్నితమైన అభ్రకపు రేకుతో చేసిన చక్రాన్ని అమర్చగా, డిశ్చార్జి జరుగుతున్నంతసేపూ ఆ చక్రం తిరుగుతూనే ఉంది, ఆ కిరణాలు వెళ్లే దిశలో.

డిశ్చార్జి ట్యూబులో ఏనోడు ఎక్కడ పెట్టినప్పటికీ కేథోడు ప్లేటుకి లంబంగా మాత్రమే కేథోడ్ కిరణాలు ప్రయాణం చేస్తాయి. కేథోడ్ ప్లేటు దిశను మారిస్తే ఈ కిరణాల దిశకూడా తదనుగుణంగా మారింది.

కేథోడును ధనురాకారం (Parabolic)గా వంచితే కేథోడు కిరణాలు "ఫోకస్" దగ్గర కేంద్రీకృతం అయ్యాయి. డిశ్చార్జి ట్యూబు లోపల ఫోకస్ దగ్గర ప్లాటినం రేకును ఉంచగా త్వరలోనే ఆ రేకు వేడెక్కి కరిగిపోయింది.

ఈ పరిశోధనలకు అర్థం ఏమిటి? కేథోడ్ కిరణాలు అనుకుంటున్నది నిజంగానే కిరణాలా? లేక సూక్ష్మకణములా? అవి కణములే అయితే అవి కేథోడ్ పలకనుంచి తెగిపోయిన నలుసులా? ఏమో? ఏమీ అర్థం కావడం లేదు.

విల్‌హెల్మ్ కోన్రాడ్ రాంట్‌జన్ (1845–1923)

జర్మనీలో వూర్జ్ బర్గ్ యూనివర్సిటీలో ఫిజిక్సు ప్రొఫెసరుగా పనిచేస్తున్న రాంట్‌జన్ తన లేబరేటరీలో 1895లో ఒకనాటి సాయంకాలం "క్రూక్స్ ట్యూబు" ఉపయోగించి ప్రయోగం చేస్తున్నాడు. ఆ గొట్టంలో వాయుపీడనం మిల్లీ మీటరులో వందవ వంతు (0.01 మి.మీ.)కన్న తక్కువగా ఉంది. రెండు ధ్రువముల మధ్య వోల్టేజి 50,000 వోల్టులు దాటింది. గాజుగొట్టం పసుపు – ఆకుపచ్చ రంగుతో వెలుగుతోంది. ఆ స్వల్పకాంతి తప్ప మరే దీపమూ లేని ఆ చీకటి గదిలో అవతలి బల్లమీద ఏదో మెరుస్తున్నట్లు కనిపించింది. ఆశ్చర్యపడి దగ్గరగా వెళ్లి చూశాడు. అవి బేరియం ప్లాటినో సయనైడు స్ఫటికాలు. వాటిని మరేదో పనికోసం తీసి, మళ్లీ బీరువాలో పెట్టడం మరిచిపోయాడు. అవి ఇల్లా వెలుగుతున్నాయేమిటి?

ఆ స్ఫటికాల మీద అతి నీల లోహిత కాంతి (అ.నీ. కాంతి = Ultra-Violet Light) పడితే అవి ఆ విధంగా మెరుస్తాయని ఆయనకి తెలుసు. ఆ విధంగా మెరవడాన్ని "ఫ్లోరసెన్స్" (Flourescence) అంటారు. కానీ ఇప్పుడు అ.నీ. కాంతి ఏది? ఆ గదిలో క్రూక్స్ ట్యూబు తాలూకు లేత పసుపు–ఆకు పచ్చ వెలుగు తప్ప అ.నీ. కాంతి లేనే లేదు కదా?

ఒక వేళ క్రూక్స్ ట్యూబులోంచి అ.నీ. కిరణాలు వస్తున్నాయేమో? అబ్బే, అదెల్లా సాధ్యం? అ.నీ. కిరణాలు గాజులోంచి దూరి బయటికి రాలేవు కదా?

నల్ల కాగితంతో క్రూక్స్ ట్యూబుని అన్నివైపులా మూసేసాడు. అ.నీ. కిరణాలు నల్లకాగితంలోంచి దూరి బయటికి రాలేవు; కనుక ఆ స్ఫటికాలు మెరియవు అనుకున్నాడు. కాని, అవి యథాప్రకారంగా వెలుగుతూనే ఉన్నాయి!



విల్‌హెల్మ్ రాంట్జన్[1] (1845 – 1923)

ఇండక్షన్ కోయిల్‌నుంచి క్రూక్స్ ట్యూబుకి వెళ్లే వోల్టేజి ఆపేసి చూశాడు. వెంటనే ఆ స్ఫటికాలు వెలగడం మానేశాయి. క్రూక్స్ ట్యూబు పనిచేస్తూ ఉంటేనే అవి వెలుగుతున్నాయి, లేకపోతే వెలగవు.

అంటే అర్థం ఏమిటి? క్రూక్స్ ట్యూబునుంచి ఏవో కిరణాలు బయటికి వస్తున్నాయి. ఆ అదృశ్య కిరణాలు ఈ స్ఫటికాలను వెలిగిస్తున్నాయి. అవి ఏమి కిరణాలో కాని గాజులోనుంచే కాకుండా నల్ల కాగితంలోనుంచి కూడా నిరాఘాటంగా చొచ్చుకుపోతున్నాయి. కేథోడ్ కిరణాలు అయితే క్రూక్స్ ట్యూబును దాటి బయటికి రావు; నల్ల కాగితంలోంచి బయటికి అసలే రావు.

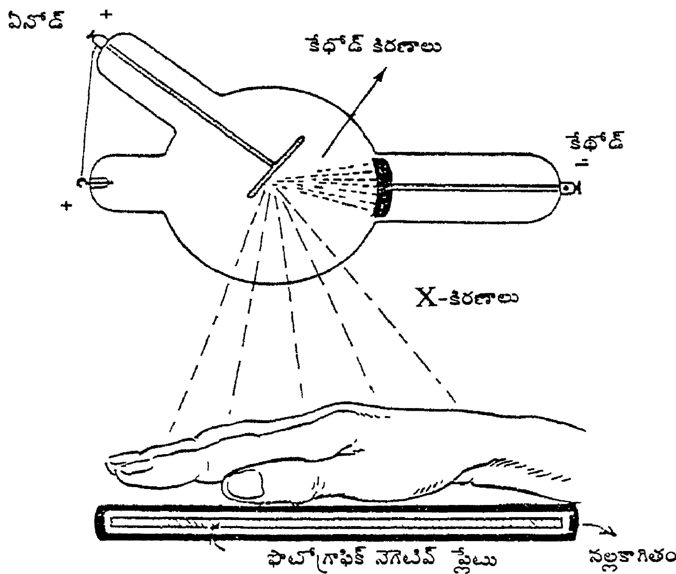
ఏమీ అర్థం కావడంలేదు.

రాంట్‌జన్ తన పరిశోధనను కొనసాగించాడు. చేతికి అందిన ప్రతి వస్తువునూ క్రూక్స్ ట్యూబుకీ, ఆ స్ఫటికాలకీ మధ్య అడ్డుపెట్టి చూశాడు. దళసరి అట్టముక్కని అడ్డుపెట్టేడు; అయినా సరే స్ఫటికాలు ఇంకా వెలుగుతూనే ఉన్నాయి. వెయ్యి పేజీల బెండు పుస్తకం అడ్డు పెట్టి చూశాడు; అందులోనుంచి కూడా దూసుకుపోయి ఆ కిరణాలు స్ఫటికాలను వెలిగించాయి. 10 సెం.మీ. మందం కలిగిన ఇండియా రబ్బరులోనుంచి

సునాయాసంగా చొచ్చుకుపోయాయి. 3 సెం.మీ. మందంగల కర్రపలక ఆ కిరణాలను స్వల్పంగా మాత్రమే నిరోధించగలిగింది. బట్టల దొంతరలు, తోలు, కాగితాలు, రబ్బరు, కర్ర.... ఇవేవీ ఆ కిరణాలను అడ్డుకోలేకుండా ఉన్నాయి!

లోహపు పలకను అడ్డుపెట్టగా ఆ స్ఫటికాలు వెలగలేదు. హమ్మయ్య! ఈ కిరణాలను ఆపగల వస్తువులంటూ ఉన్నాయన్నమాట. రకరకాల లోహాలు అడ్డుపెట్టిచూశాడు. అన్ని లోహాలూ ఆ కిరణాలను ఆపేస్తున్నాయి.

ఫొటోగ్రాఫిక్ ప్లేటును ఈ కిరణాలు మామూలు కాంతి కిరణాలలాగే – లేక అంతకన్న గాఢంగా – “ఎక్స్‌పోజు” చేస్తున్నాయి. ఆ ప్లేట్లను నల్ల కాగితంలో చుట్టినా సరే. అట్టపెట్టెలో పెట్టినాసరే ఎక్స్‌పోజు అయిపోతున్నాయి.



డిశ్చార్జి ట్యూబునుంచి *X*-కిరణాలు

ఫొటోగ్రాఫిక్ ప్లేటుమీద తాళంచెవి పెట్టి, మొత్తం అంతటినీ నల్ల కాగితంతో మూసి, క్రూక్స్ ట్యూబుని ఒక్క క్షణంపాటు నడిపించి చూశాడు. తాళంచెవి ఉన్నభాగం మినహాగా మిగిలిన ప్లేటు అంతా ఎక్స్‌పోజు అయి నల్లబడింది; తాళం చెవి ఆకారం మాత్రం స్పష్టంగా తెల్లగా కనిపించింది.

ఫొటోగ్రఫిక్ ప్లేటుమీద తన అరచెయ్యిపెట్టి, క్రూక్స్ ట్యూబుని నడిపించి, తరవాత ఆ ప్లేటును "డెవలప్" చేసి చూడగా, దానిమీద తన చేతి ఎముకలు స్పష్టంగా కనిపిస్తున్నాయి! అంటే ఆ కిరణాలు చర్మంలోంచి, మాంసంలోంచి, రక్తంలోంచి కూడా సులువుగా చొచ్చుకు పోతాయి కానీ, ఎముకలలోంచి దూరి వెళ్లలేవు అన్నమాట.

అత్యాశ్చర్యకరమైన ఈ కిరణాలకు ఏమి పేరుపెట్టాలో తోచక, వాటిని తాత్కాలికంగా X- కిరణాలు అన్నాడు రాంట్‌జన్. వాటికి ఆపేరే స్థిరపడింది. జర్మనీలో మాత్రం వాటిని "రాంట్‌జన్ కిరణాలు" అంటున్నారు.

ఈ కిరణాలు క్రూక్స్ ట్యూబులో ఎలా తయారవుతున్నాయి? ఏమో! ఏమో! *

1901లో ఫిజిక్సులో మొట్టమొదటి నోబెల్ బహుమానం X- కిరణాలను కనిపెట్టినందుకు రాంట్‌జన్‌కి లభించింది.

జోసెఫ్ జాన్ థామ్సన్ (1856–1940)

స్కాట్లండులోని ఓవెన్స్ కాలేజీ లేబరేటరీలో 1874లో ఒకనాటి సాయంకాలం టెస్ట్ ట్యూబులో పాదరసమూ, అయొడిన్ మిశ్రమాన్ని వేడిచేస్తూఉండగా పేలి, కళ్లుపోయినంతపని అయింది 18 ఏళ్ల థామ్సన్‌కి. దగ్గరలో ఉన్న ప్రొఫెసర్ స్టూవర్ట్ ఆ చప్పుడువిని, కంగారుగా దగ్గరకు పరుగెత్తుకువచ్చాడు. ఆయనకి ప్రియశిష్యులలో థామ్సన్ ప్రథముడు. అదృష్టవశాత్తూ థామ్సన్ కళ్లకి ఏమీ అవలేదు. ఆకళ్లు ముందుముందు ఎవరి కంటికీ కనబడని సూక్ష్మాతి సూక్ష్మ కణాలను పట్టుకుని, వాటి బరువును అంచనా వేయవలసి ఉన్నాయి. పరమాణువులోని అంతర్భాగాలను విడివిడిగా చూడవలసి ఉన్నాయి. ఆధునిక పరమాణు సిద్ధాంతానికి ప్రాతిపదికను తయారు చేయవలసి ఉన్నాయి. ఎందరెందరో శిష్యులచేత రిసెర్చి చేయించి, వారికి నోబెల్ బహుమానాలు ఇప్పించవలసి ఉన్నాయి.

థామ్సన్‌కి వైజ్ఞానిక ప్రయోగాలు చేయడంలో మెళకువలు నేర్పిన ప్రొఫెసర్ స్టూవర్టుకూడా పేరున్న శాస్త్రజ్ఞుడే. ఏ వస్తువైనాసరే ఏ కిరణాలను పీల్చుకుంటుందో సరిగ్గా ఆ కిరణాలనే విడిచిపెడుతుందన్న భౌతిక సూత్రాన్ని కనుగొన్నది ఈయనే.

ఇంజనీరింగులో డిగ్రీ తీసుకుని, గణితంలో ట్రైపాస్ పరీక్ష ఇచ్చిన థామ్సన్ 1880లో క్రూక్స్ ట్యూబుతో "వాయువులలో ఎలక్ట్రిక్ డిశ్చార్జి" అనే సమస్యమీద రిసెర్చి మొదలుపెట్టేడు.

* 50,000 వోల్టుల విద్యుత్పీడనంలో కేథోడ్ కిరణాలు ఊహకందని మహావేగంతో (సెకనుకి 120,000 కి.మీ. వేగం అని దరిమిలాని తెలిసింది) వచ్చి ఏనోడు ప్లేటును గుద్దుకోవడంవల్ల ఆ చలనశక్తి X- కిరణాలుగా మార్పు చెందింది.

కేవెండిష్ లేబరేటరీ డైరక్టర్

కేవెండిష్ లేబరేటరీకి మొట్టమొదటి డైరెక్టరుగా క్లెర్క్ మాక్స్‌వెల్ తొమ్మిది సంవత్సరాలు పనిచేశాడని చెప్పుకున్నాం. 1879లో ఆయన చనిపోయాక జాన్ విలియం స్ట్రట్ రాలే (1842 – 1919) డైరెక్టరు అయాడు. ఐదు సంవత్సరాలు మాత్రమే డైరక్టరుగా పనిచేయడానికి లార్డ్ రాలే (ఈ పేరుతోనే ఈయన ప్రసిద్ధుడు) అంగీకరించాడు. ఈయన ధ్వని శాస్త్రంలోనూ, ఫ్లూయిడ్ డైనమిక్స్‌లోనూ, కాంతిశాస్త్రంలోనూ ప్రపంచ ప్రసిద్ధికెక్కిన శాస్త్రజ్ఞుడు. విద్యుత్ ప్రమాణాలనూ, అయస్కాంత ప్రమాణాలనూ స్థిరీకరించడంతప్ప ఈయన విద్యుద్రంగంలో ఎక్కువ కృషి చేయ లేదు. అనుకున్న మాటప్రకారం ఐదేళ్లూ పూర్తికాగానే 1884లో ఆయన ఆ పదవికి రాజీనామా ఇచ్చి, రాయల్ ఇన్‌స్టిట్యూషన్‌లో ప్రొఫెసరుగా చేరేడు.

లార్డ్ రాలే తరవాత అంత ప్రసిద్ధమైన లేబరేటరీకి ఎంత గొప్పవాడు డైరెక్టరు అవుతాడో అని చాలామంది రకరకాలుగా ఊహాగానాలు చేశారు. అందరి ఊహలనీ తలకిందులు చేస్తూ, జే.జే. థామ్సన్ అనే 27 ఏళ్ల యువకుణ్ణి ఈ పదవికి ఎన్నిక చేశారు. *"ఆఖరికి ఓ బొడ్డు ఊడని బొట్టికాయని కేవెండిష్ డైరెక్టరుచేసే స్థితికి దిగజారిపోయింది ఈ దేశం"* అని చాలామంది చెవులు కొరుక్కున్నారు. కానీ, *"జె.జె."* (ఈయన అభిమానులు ఇల్లా పిలిచేవారు) మొదటి ఇద్దరికీ ఏ విధంగానూ తీసిపోని పరిశోధకుడని త్వరలోనే తెలిసివచ్చింది. విద్యుద్రంగంలో ఈయనపేరు త్వరలోనే ప్రపంచ విఖ్యాతం కాబోతోంది.

ద్రవ పదార్థాలలో విద్యుత్ప్రవాహంమీద ఫేరడే కూలంకషంగా పరిశోధన చేశాడు. ఎలక్ట్రోలసిస్ తాలూకు ప్రాథమిక సూత్రాలన్నీ అతడే కనుక్కున్నాడు. ఈ సూత్రాలను ఉపయోగించి ఒక లీటరు నీటిలో ఒక పదార్థపు అణువులు ఎన్ని కరిగి ఉన్నాయో సైంటిస్టు తెలుసుకోగలుగుతున్నాడు; ఒక చెమ్చాకి వెండిపూత పూయడానికి ఎంత విద్యుత్తు ఖర్చు అవుతుందో పారిశ్రామికవేత్త తెలుసుకోగలుగుతున్నాడు.

అణువులు ద్రావకం (Solution)లో రెండు భాగాలుగా విడిపోతాయి. ఆ విడివిడి భాగాలకి "అయానులు" (Ions) అని పేరు పెట్టేడు ఫేరడే *. ఉదాహరణకి మామూలు ఉప్పు (సోడియం క్లోరైడ్ = Nacl) నీటిలో కరిగితే అది సోడియం అయానులు (Na^+) గానూ, క్లోరిన్ అయానులు (Cl^-) గానూ విడిపోతుంది.

ఒక్కొక్క అయాన్‌మీద ఎంత విద్యుత్తు ఛార్జి ఉంటుందో లెక్క వేయగలిగేడు

* అయాన్ అనేమాటకు గ్రీకు భాషలో కదిలేది అని అర్థం.

ఫేరడే. ఈ ఛార్జి ఎల్లప్పుడూ కనిష్ఠ ఛార్జికి రెండురెట్లుగానీ, మూడు రెట్లుగానీ, నాలుగు రెట్లుగానీ..... లేక పూర్ణ సంఖ్యా గుణిజము కానీ అయి ఉంటుందేకాని భిన్నాంకములు ఉండవని అతడు కనుగొన్నాడు. విద్యుత్తు ఛార్జి ఎల్లప్పుడూ పూర్ణ సంఖ్యలలోనే ఉంటుందన్న విషయం చాలా ముఖ్యమైనది. అత్యంత అల్పమైన "ప్రాథమిక ఛార్జి" విలువ ఏమిటా అని 60 ఏళ్లుగా శాస్త్రజ్ఞులు తెలుసుకోడానికి ప్రయాసపడుతున్నారు.

ద్రవ పదార్థాలలో అయానులు కదులుతాయి. వాటితోబాటు వాటిమీద సవారీ చేస్తున్న విద్యుత్తు ఛార్జి కూడా కదులుతుంది. కాని, ఆ విద్యుత్తు చాలా బరువైన అణువుకి తగులుకుని ఉండడంచేత – బొండకొయ్య వేసిన గిత్తలాగ – తొందరగా కదలలేదు.

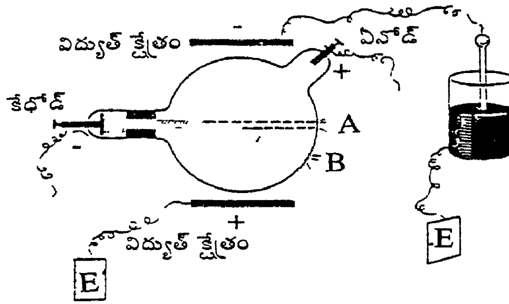
కదలిక విషయంలో వాయువులలో విద్యుత్తు చాలా వరకు నయమేకానీ, ఇక్కడ కూడా దారిపొడుగునా అడ్డంకులే. అణువులు ఒకదానితో ఒకటి గుద్దుకుంటూ, విడిపోతూ, దారి మళ్లుతూ అల్లకల్లోలంగా ఉంటాయికదా? కనుక విద్యుత్తు తాలూకు సహజ ధర్మాలను పరిశీలించాలంటే అణువుల అడ్డంకిని తొలగించాలి. అంటే శూన్యప్రదేశాన్ని కల్పించాలి.

పరిపూర్ణమైన శూన్య ప్రదేశాన్ని కల్పించడం – ఎంత మంచి వాక్యూం పంపు ఉన్నా అసాధ్యమే. ఎంతసేపు పంపు చేసినా వందకోట్ల అణువులలో ఒక అణువు దిగబడిపోతూనే ఉంటుంది.

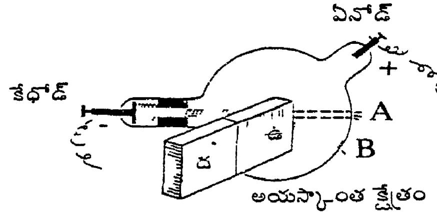
అదృష్టవశాత్తూ సంపూర్ణ శూన్యప్రదేశం అవసరం లేదు. అత్యాధునికమైన పద్ధతులలో కొత్తరకం పంపులసాయంతో రోజుల తరబడి నిరంతరాయంగా గాలిని తోడెయ్యడంద్వారానూ, చల్లబరచిన బొగ్గును ఉపయోగించి మిగిలిన వాయువులను పీల్చెయ్యడం (Absorption) ద్వారానూ, క్రూక్స్ ట్యూబులో అంతకుముందెవ్వరూ సాధించలేని శూన్యాన్ని జె.జె. థామ్సన్ సృష్టించగలిగేడు. ఆ పనిముట్టుతో కేథోడు కిరణాల అసలు తత్త్వమేమిటని పరిశోధన మొదలుపెట్టేడు. ముఖ్యంగా అవి విద్యుత్కణములా, తరంగములా అనే ప్రశ్నకు జవాబు వెదుక దలచాడు.

కణములా? తరంగములా?

కేథోడు కిరణాలు వెళ్లేదారిపక్కని బలమైన విద్యుత్ క్షేత్రాన్ని (బొమ్మ a) ఉంచినా, లేదా బలమైన అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని (బొమ్మ b) ఉంచినా జింకు సల్ఫైడు తెరమీద ఆ కిరణాలు పడేచోటు – అంటే వెలుగుచుక్క A నుంచి B అనే చోటికి జరిగింది. తరంగాలు అయితే విద్యుత్తుచేతగాని అయస్కాంతం చేతగానీ కదిలింపబడవు; విద్యుత్కణములైతేనే ఈ విధంగా కదలడం సాధ్యం అవుతుంది. దీనినిబట్టి కేథోడ్ కిరణాలు అనేవి కణములేకాని తరంగాలు కావని నిర్ధారణ అయింది.



కేథోడ్ కిరణాలు విద్యుత్ క్షేత్రంచేత మళ్లింపబడడం



అయస్కాంత క్షేత్రంచేత మళ్లింపబడడం

ధన విద్యుత్తా? రుణ విద్యుత్తా?

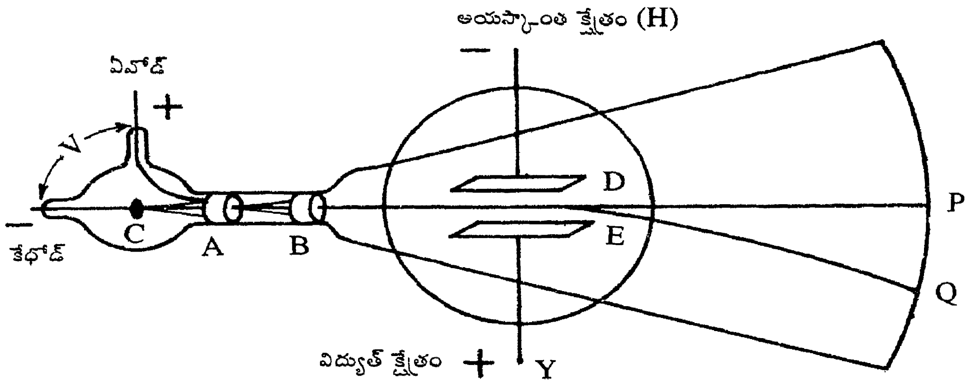
కేథోడు కిరణములనేవి విద్యుత్కణములే అని తేలింది కనుక, అవి ధన విద్యుత్కణములో, రుణ విద్యుత్కణములో తేల్చుకోవాలి.



జె.జె. థామ్సన్ (56వ ఏట)
(1856 – 1940)

ఏంపియర్ సూత్రం ప్రకారం అయస్కాంత క్షేత్రంలో (లేదా విద్యుత్ క్షేత్రంలో) రుణ విద్యుత్తుగల కణములైతే ఒకవైపు కదులుతాయి. ధన విద్యుత్తు గల కణములయితే దానికి వ్యతిరేక దిశలో జరుగుతాయి (కుడి చేతి సూత్రాన్ని అనుసరించి). దీనిని ఉపయోగించి కేథోడ్ కిరణాల విద్యుత్ సంజ్ఞను నిర్ణయించగలిగేడు థామ్సన్. ఇందుకోసం డిశ్చార్జి ట్యూబులో కొన్ని ముఖ్యమైన మార్పులు చేశాడు.

ఇక్కడి బొమ్మలో చూపించిన ఆకారంలో డిశ్చార్జి ట్యూబు తయారు చేశాడు థామ్సన్. ఈ గొట్టం రెండు గాజు బుడగలను అతికించినట్లు ఉంటుంది. మొదటి బుడగలో కేథోడునూ, ఏనోడునూ కూడా అమర్చాడు. వాటిని ఇండక్షన్ కోయిల్‌కి కలిపేడు. ఇంతవరకూ దీనికీ క్రూక్స్ ట్యూబుకీ భేదం ఏమీ లేదు.



ఎలక్ట్రాన్ వేగాన్నీ, (e/m) నీ నిర్ణయించడానికి జె.జె. థామ్సన్ వాడిన పనిముట్టు సూత్రప్రాయంగా

కేథోడు కిరణాలను సన్నని రేఖలాగ రప్పించడంకోసం సన్నని రంధ్రాలుగల A,B అనే రెండు లోహపు బిరడాలు అమర్చి, ఏనోడుకి కలిపేడు. ఆ సన్నని కేథోడు కిరణరేఖ గొట్టం మధ్యలోనుంచి తిన్నగా ప్రయాణం చేసి, కుడివైపు చివరనున్న జింక్ సల్ఫైడు తెరమీదపడి, కాంతివంతమైన చిన్న చుక్క P అనే చోట పడింది.

కేథోడ్ కిరణం వెళ్లేదారిలో బొమ్మలో చూపినట్లు D, E అనే రెండు లోహపు పలకలను ఆ రేఖకు సమాంతరంగా అమర్చి, వాటిలో ఒకటి వోల్టాయిక్ బేటరీ యొక్క

ధన ధ్రువానికీ, రెండవదానిని రుణ ధ్రువానికీ కలిపేడు. ఇప్పుడు తెరమీదపడ్డ చుక్క ధన విద్యుత్ ఫలకంవైపుగా కదిలింది. D, E ల మధ్య వోల్టేజిని పెంచితే ఈ చుక్క మరింత ఎక్కువదూరం కదిలింది.

ఎన్నోసార్లు ప్రయత్నించగా, రోజుల తరబడి వాక్యూమ్ పంపులను పనిచేయించగా, ఎన్నెన్నో అపజయాలను ఎదురుకోగా, లోపాలను సవరిస్తూ పోగా ఆఖరికి ఈ ప్రయోగం విజయవంతమైంది.

దీనినిబట్టి కేథోడు కిరణాలు అనేవి రుణ విద్యుత్ కణాలేనని నిస్సందేహంగా రుజువు అయింది. ఇది చాలా ముఖ్యమైన ఫలితం. కాని, ఇంతకన్న చాలా విలువైన ఫలితాలు ఈ చిత్రమైన గాజుగొట్టంనుంచి ముందు ముందు ఇంకా రాబోతున్నాయి థామ్సన్ ఆధ్వర్యంలో.

విద్యుత్కణాలు అణువులా?

కేథోడ్ కిరణాలు అనబడే రుణవిద్యుత్‌కణాల స్వభావం ఏమిటో వివరంగా తెలుసుకోవాలనుకున్నాడు థామ్సన్.

ఫేరడే అయానులలాగ ఇది విద్యుత్ ఛార్జి కలిగిన వాయుఅణువులా? లేక కేథోడ్ పలకనుంచి తెగిపోయిన లోహం తాలూకు అణువులా? లేక అణువుల సమూహాలు గుత్తులు గుత్తులుగా ప్రయాణం చేస్తున్నాయా?

ఆ కణముల బరువును కొలవగలిగితే ఈ సందేహాలకి సమాధానం దొరుకుతుంది. కాని, కంటికి కనిపించని అంతటి అల్పాల్ప కణాలను పట్టుకుని తూచడం ఎల్లాగ? అంత సున్నితమైన తక్కెడ ఎక్కడ ఉంది?

థామ్సన్ ఈ సమస్యని చాలా తెలివిగా పరిష్కరించాడు. అతడు ఉపయోగించిన పద్ధతిని సూత్రప్రాయంగా వివరిస్తాను.

E-D అనే పలకలను వోల్టాయిక్ బేటరీ తాలూకు ధనధ్రువానికీ, రుణ ధ్రువానికీ కలపగా, తెరమీద వెలుగు చుక్క P నుంచి Q దాకా కదిలింది అనుకుందాం; ఆ కదిలిన దూరాన్ని (x) టెలిస్కోపు, మైక్రోమీటరుల సాయంతో బహుజాగ్రత్తగా కొలిచాడు. ఈ కదలిక అనేక విషయాలమీద ఆధారపడి ఉంటుంది; అవి ఏమిటంటేః

విద్యుత్కణం మీద ఉన్న ఛార్జి	e
విద్యుత్కణం బరువు	m
విద్యుత్కణం వేగం	v
బొమ్మలో B-P ల మధ్య దూరం	d

E-D ప్లేటుల మధ్య వోల్టేజి y

ఈ వివిధ విషయాలకు గల సంబంధాన్ని ఈ క్రింది సమీకరణంతో సూచించవచ్చు.

$$\frac{e}{m} = \frac{v^2}{d^2} \quad \frac{2x}{y}$$ (మొదటి సమీకరణం)

ఇందులో d,x,y అనేవి కొలవగలిగిన విషయాలు; కనుక వీటిని తెలిసిన విషయాలు అనవచ్చు.

e,m,v అనేవి మనకు తెలియని (అజ్ఞాత) విషయాలు.

వోల్టేజి (y) ని పెంచినా, B - P ల మధ్యదూరము (d) ను పెంచినా చుక్క కదిలే దూరం (x) పెరుగుతుంది. ఈ రెండు విషయాలను మన చిత్తం వచ్చినట్లు పెంచి, చుక్క కదలికను అధికం చేస్తే, ఆ కదిలిన దూరాన్ని మరింత నిర్దుష్టంగా కొలవడానికి వీలు అవుతుంది. అందుకనే థామ్సన్ చాలా పొడుగున్న గొట్టం తీసుకున్నాడు; చాలా బేటరీలు కలిపి వోల్టేజిని పెంచేడు.

ఎంత తంటాలుపడ్డా ఈ ఒక్క సమీకరణంతో e,m,v అనే మూడు అజ్ఞాత విషయాలను నిర్ణయించడం అసాధ్యం. వెలుగు చుక్కను కదిలించగల ఇతర పద్ధతులు ఏమైనా ఉపయోగిస్తేకాని ఈ సమస్య తేలదు.

ఒక్క విద్యుత్ క్షేత్రం వల్లనే కాకుండా, అయస్కాంత క్షేత్రం వల్ల కూడా ఈ విద్యుత్కణాల దారిని మళ్లించడానికి అవకాశం ఉంది. అంటే డిశ్చార్జి ట్యూబు తెరమీది వెలుగుచుక్కను మార్చగలిగిన రెండవ పద్ధతి అయస్కాంతాన్ని ఉపయోగించడం అన్నమాట. బలమైన అయస్కాంతపు ఉత్తర – దక్షిణ ధ్రువాలను – డిశ్చార్జి ట్యూబుకి అటూ – ఇటూ (బొమ్మలో కాగితానికి పైనా–కిందా) ఉంచితే ట్యూబులోపల విద్యుత్కణం వృత్త మార్గంలో వంగుతుంది; కనుక వెలుగుచుక్క తెరమీద కదులుతుంది. (బొమ్మలో అయస్కాంతం వృత్తంచేత సూచింపబడింది).

అయస్కాంతంవల్ల కలిగిన చుక్క కదలికను సూచించే రెండవ సమీకరణాన్ని ఇల్లా వ్రాశాడు థామ్సన్

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{H\,r}$$ (2వ సమీకరణం)

ఇందులో e,m,v లకు ఇంతకుముందు చెప్పిన అర్థాలే ఉంటాయి. ఇకపోతే,

H = అయస్కాంత క్షేత్రబలం.

r = విద్యుత్కణం ప్రయాణం చేసే వృత్తమార్గపు వ్యాసార్ధం.

ఈ రెండవ సమీకరణంలో H,r అనేవి కొలవగలిగిన (అంటే తెలిసిన) విషయాలు. e,m,v అజ్ఞాత విషయాలు.

బీజగణిత సూత్రాల ప్రకారం రెండు సమీకరణాల నుపయోగించి రెండు అజ్ఞాత విషయాలను మాత్రమే నిర్ణయించడానికి వీలు అవుతుంది. కాని, మనకు తెలియని విషయాలు e,m,v అనేవి మూడు ఉన్నాయి. మరి ఈ సమస్యని సాధించడం ఎల్లాగ?

"తుని తగవు" లాగ దీనికి ఒక పరిష్కారమార్గం ఉంది. e m అనేవి వేరు వేరు అజ్ఞాత విషయాలు అనుకోకుండా, e/m అనేది ఒకే ఒక అజ్ఞాత విషయంగా లెక్కవేస్తే అప్పుడు ఈ రెండు సమీకరణాలనూ సాధించి,ఈ క్రింది విషయాలనూ నిర్ణయించవచ్చు :

1. e/m (అంతే కాని, e,mలు వేరువేరుగా తెలియవు).
2. విద్యుత్కణవేగం (v)

అనేక వందలసార్లు కొలిచి కొలిచి

e/m = 1 769 X 10^7 విద్యుదయస్కాంతప్రమాణాలు e,m,u అని థామ్సన్ నిర్ణయించాడు.

విద్యుత్కణ వేగం

ఇది కేథోడ్ – ఏనోడులమధ్య వోల్టేజి (v) మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. ఉదాహరణకి:

V = 400 వోల్టులైతే, v = 12000 కి.మీ. సెకనుకి

V = 4000 వోల్టులైతే, v = 37000 కి.మీ. సెకనుకి

V = 40,000 వోల్టులైతే, v = 120,000 కి.మీ. సెకనుకి.

ఇంతింత వేగాలతో ప్రయాణం చేయగల వస్తువులు ఉంటాయా అని ఆశ్చర్యం కలుగుతుంది; కాని ఉన్నాయి. అయితే ఇందులో ఒక చమత్కారం ఉంది. కేథోడ్ – ఏనోడుల మధ్య వోల్టేజిని పెంచుకుంటూపోతే పైన చూపిన కొలతలు ప్రకారం లెక్కవేస్తే ఈ వోల్టేజి 250,000 వోల్టులు ఉంటే విద్యుత్కణాల వేగం సెకనుకి 300,000 కి.మీ. దాటుతుంది. అంటే ఈ విద్యుత్కణాలు కాంతివేగాన్ని మించి ప్రయాణం చేయగలవనే అర్థం వస్తోంది. కాని, ఆల్బర్ట్ ఐన్స్టైన్గారి సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం సృష్టిలో కాంతివేగాన్ని అధిగమించగలది ఏదీ లేదు. అసలు ఇక్కడ జరిగేదేమిటంటే విద్యుత్ కణవేగం కాంతి వేగపు దరిదాపుల్లోకి వస్తూ ఉంటే దాని ద్రవ్యరాశి పెరుగుతూ పోతుంది అనీ, కనుక వోల్టేజి ఎంతపెంచినా ఆ కణం కాంతివేగాన్ని చేరుకోవడం అసాధ్యమనీ సాపేక్ష సిద్ధాంతం చెబుతోంది. అయితే, థామ్సన్ ఈ ప్రయోగాలు చేసేనాటికి (1897) సాపేక్ష సిద్ధాంతం ఇంకా పుట్టలేదు. దానికోసం మరో 8 ఏళ్లు ఆగవలసి ఉంది.

e/m :-

జె.జె. థామ్సన్ చేసిన ప్రయోగాలవల్ల కేథోడ్ కిరణాలలోని రుణ విద్యుత్కణం తాలూకు ఛార్జి (e) నీ, దాని బరువు లేక ద్రవ్యరాశి (m) నీ వేరు వేరుగా నిర్ణయించడం సాధ్యం కాలేదు; ఈ రెండింటి నిష్పత్తి (e/m) మాత్రమే తెలిసింది. ఈ నిష్పత్తి వల్ల కూడా చాలా ఉపయోగం ఉంది.

e/m విలువ దేనినిబట్టి ఏ విధంగా మారుతుందో తెలుసుకోవాలని థామ్సన్ ప్రయత్నించాడు.

వివిధ లోహాలతో చేసిన కేథోడులు మార్చి, e/m విలువను కొలిచి చూశాడు. ఏ లోహాన్ని ఉపయోగించినా దీని విలువ మారకుండా స్థిరంగా ఉంది. అంటే ఈ విద్యుత్కణాలు కేథోడ్ లోహపు అణువులు కావన్నమాట.

డిశ్చార్జి ట్యూబులో స్వల్పాతి స్వల్పంగా వేరు వేరు వాయువులను ప్రవేశపెట్టి, e/m విలువలను కొలిచి చూశాడు. ఏ వాయువుతో ప్రయోగం చేసినా e/m విలువ మారకుండా స్థిరంగా ఉంది. అంటే ఆ విద్యుత్కణాలు ట్యూబులోని వాయువులకు సంబంధించిన అణువులు కావన్నమాట.

డిశ్చార్జి ట్యూబు తయారీకి వాడిన గాజును రకరకాలుగా మార్చి, e/m విలువను మళ్లీ మళ్ళీ కొలిచి చూశాడు. దాని విలువలో మార్పు ఏమీ కనబడలేదు. అంటే ఈ విద్యుత్కణాలు ట్యూబు నిర్మాణంలో వాడిన గాజు తాలూకు అణువులుకూడా కావన్నమాట.

ఏవిధంగా కొలిచినా e/m విలువ ఎల్లప్పుడూ స్థిరంగానే ఉంటోంది. అంటే అర్థం ఏమిటి? ఈ విద్యుత్కణాలు ప్రతి వస్తువులోనూ, అన్నిరకాల లోహాలలోనూ అన్ని రకాల వాయువులలోనూ ఉంటాయనీ, అన్నీ అచ్చుమచ్చు ఒక్కలాగే ఉంటాయనీ తెలుస్తోంది కదా?

సార్వత్రికమైన ఈ విద్యుత్కణానికి "ఎలక్ట్రాన్" (Electron) అని పేరు పెట్టేడు థామ్సన్.

ఎలక్ట్రాన్ సాపేక్ష భారం

ఎలక్ట్రాన్ బరువు ఇంత అని నిర్ణయించడం థామ్సన్‌కి సాధ్యపడలేదు కానీ, ఇతర పరమాణువుల బరువుతోనూ, అయానుల బరువుతోనూ పోల్చి, దీని బరువులో ఇన్నవవంతు అనో, లేక దీని బరువుకి ఇన్ని రెట్లు అనో తెలుసుకోగలిగేడు.

పరమాణువుల బరువులు విడివిడిగా తెలియకపోయినా, అన్నిటికన్న తేలికైన

హైడ్రోజన్ పరమాణువు బరువు ఒకటి అనుకుని, మిగిలిన పరమాణువుల బరువులు దానికి ఇన్ని రెట్లు అని సాపేక్షంగా చెప్పుకుంటున్నాం కదూ? అల్లాగే ఈ విద్యుత్కణం బరువు హైడ్రోజన్ పరమాణువు బరువులో ఎన్నవవంతు ఉంటుందో లెక్క వేశాడు థామ్సన్.

ఎలక్ట్రోలసిస్‌లో హైడ్రోజన్ అయన్ తాలూకు

e/M = అయాన్ చార్జి/హైడ్రోజన్ అయాన్ బరువు = 9643

అని ఇంతకుముందే తెలుసు.

హైడ్రోజన్ అయాన్‌మీది విద్యుత్తు ఛార్జి, ఎలక్ట్రాన్ మీది విద్యుత్తు ఛార్జి సరిసమానం అనుకుంటే వాటి బరువుల నిష్పత్తి తెలుసుకోవచ్చు.

e/m – e/M = M/m = 17690000/9643 = 1839

అంటే ఎలక్ట్రాన్‌కన్న హైడ్రోజన్ అయాన్ (లేదా హైడ్రోజన్ పరమాణువు) 1839 రెట్లు ఎక్కువ బరువైనదన్నమాట!

ఇది చాలా ఆశ్చర్యకరమైన ఆవిష్కరణ. ఏమంటే, అన్ని పరమాణువులలోకీ హైడ్రోజన్ పరమాణువే తేలికైనది. ఇంతకన్న తేలికైన పదార్థం సృష్టిలో లేదు అనుకుంటూ వచ్చారు ఇంతవరకూనూ. అటువంటి హైడ్రోజన్ పరమాణువుకన్న 1839 రెట్లు తేలికైన – ఎలక్ట్రాన్ అనబడే మరో అల్పాల్పమైన కణం బయటపడింది. ఈ కణం ప్రతీ మూలపదార్థపు పరమాణువులోనూ ఉంటుంది. అన్ని మూల పదార్థాల పరమాణువులలోనూ ఈ ఎలక్ట్రాన్ ఒకే విధంగా ఉంటుంది.

1897లో రాయల్ ఇన్‌స్టిట్యూషన్ ఉపన్యాసంలో ప్రొఫెసర్ థామ్సన్ తన పరిశోధన ఫలితాలను ఈ విధంగా క్రోడీకరించాడు.

1. పరమాణువులు అవిభాజ్యములు కావు. వాటిలో విద్యుత్ కణాలు అంతర్భాగంగా ఉన్నాయి.
2. వివిధ మూల పదార్థాల పరమాణువులలో ఉన్న విద్యుత్ కణాలు అన్నీ ఒక్కలాగే ఉంటాయి.
3. బహు తేలికైన హైడ్రోజన్ పరమాణువు ఈ విద్యుత్ కణంకన్న సుమారు 1840 రెట్లు బరువుగా ఉంటుంది.

ఆ ఉపన్యాసం విన్న శాస్త్రజ్ఞులెవ్వరూ పరమాణువులకన్న చిన్న వస్తువులు ఉన్నాయన్నమాటను నమ్మలేకపోయారు. థామ్సన్ తమర్ని వేళాకోళానికి ఆట పట్టిస్తున్నాడని కూడా అనుమానించారు.

కాని అది వేళాకోళం కాదు. విద్యుత్తు అంటే ఇదివరకున్న అభిప్రాయాల మీద అది దండయాత్ర.

విద్యుత్ప్రవాహం అంటే ఎలక్ట్రానుల కదలికే అని ప్రపంచం అంతా గుర్తించింది.

ఎలక్ట్రాను కనిపెట్టడానికి దారితీసిన విద్యుత్ పరిశోధనలకు గుర్తింపుగా ప్రొఫెసర్ థామ్సన్‌కి 1906లో ఫిజిక్సులో నోబెల్ బహుమతి లభించింది.

ఎలక్ట్రాన్ ఛార్జి, బరువూనూ

ఇంతవరకూ ఎలక్ట్రాన్ వేగమూ, దాని ఛార్జి–బరువుల నిష్పత్తి (e/m) మాత్రమే తెలిశాయి. ఎలక్ట్రాన్ ఛార్జిని అర్జంటుగా కొలిచి తెలుసుకోవలసిన అవసరం ఏర్పడింది. అది తెలిస్తే ఎలక్ట్రాను బరువు తెలుస్తుంది. దాని నుంచి హైడ్రోజన్ పరమాణువు బరువు, దానినుంచి ఇతర పరమణువులన్నిటి బరువులూ తెలుస్తాయి. ఇంత చక్కని అవకాశం ఇదివరకెన్నడూ తగలలేదు.

కంటికి కనిపించని, చేతికి దొరకని అత్యంత అల్పమైన ఎలక్ట్రానుమీద ఉన్న సూక్ష్మాతి సూక్ష్మమైన విద్యుత్ ఛార్జిని కొలవడం ఎల్లాగ?

ప్రపంచంలోని పెద్ద పెద్ద లేబరేటరీలన్నీ ఈ సమస్యకి సమాధానం కోసం పోటాపోటీలుగా ప్రయత్నాలు మొదలుపెట్టేయి. ఈ సమస్యని అందరికన్న ముందుగా సాధించినవాడు ప్రొఫెసర్ మిల్లికాన్.

రాబర్ట్ ఏండ్రూస్ మిల్లికాన్ (1868–1953)

ఈ విద్యున్నాటకరంగం హఠాత్తుగా అమెరికాకి మారింది. బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్, జోసెఫ్ హెన్రీల తరవాత ఈ రంగంలో అమెరికాకి అంతర్జాతీయ ఖ్యాతి నార్జించిపెట్టినవాడు రాబర్ట్ మిల్లికాన్.

చిత్రం ఏమిటంటే, కాలేజీలో మిల్లికాన్ చదువుకున్నది ఫిజిక్సు కాదు; అసలు ఏ సైన్సూ కాదు. అతడు చదివినది గ్రీకు సాహిత్యం!

ఓ బెర్లిన్‌లోని ఒహాయ్ కాలేజీలో గ్రీకుభాష బోధించే ప్రొఫెసర్ జె.ఎఫ్. పెక్ ఒక రోజున తన విద్యార్థులలో ఒకడైన రాబర్ట్ మిల్లికాన్‌తో – సెలవుల్లో ఫిజిక్సు బాగా చదువుకువచ్చి, మళ్లీ ఏడు మొదలుపెట్టబోయే ఫిజిక్సు కోర్సు బోధించవలసిందని ఆదేశించాడు!

"నాకు ఫిజిక్సు బొత్తిగా రాదండీ" అన్నాడు రాబర్ట్ సిగ్గుపడిపోతూ,

"గ్రీకు సాహిత్యంచదివినవాడికి ఫిజిక్సు ఓ లెఖ్ఖటోయ్! నేను చెప్పినట్లు విని, మొదలుపెట్టు".

"సరే, ప్రయత్నిస్తాను నాదేముంది? కానీ, దీనివల్ల కలగబోయే ఫలితాలకి మీదే బాధ్యత" అన్నాడు రాబర్ట్.

ఏమిటా ఫలితాలు? ఇరవయ్యో శతాబ్దపు భౌతికశాస్త్ర రంగంలో అద్వితీయమైన రెండు పరిశోధనలూ, ఒక నోబెల్ బహుమానమూనూ!

ఓ బెర్లిన్ కాలేజీలో చదువుతూ ఉండగానే ప్రొఫెసర్ పెక్‌గారి సలహా ప్రకారం ఫిజిక్సు పుస్తకాలు కొనితెచ్చి, అధ్యయనం మొదలుపెట్టేడు మిల్లికాన్. అప్పటి అమెరికన్ కాలేజీలలో ఫిజిక్సులో రెండే రెండు పుస్తకాలు ఉపయోగించేవారు. ఆ రెండూ కూడా ఫ్రెంచి భాషనుంచి అనువాదాలు.

1891లో ఓ బెర్లిన్‌లో చదువు పూర్తిచేస్తూనే ఫిజిక్సు బోధకుడిగా చేరేడు ఏడాదికి 600 డాలర్ల జీతం మీద. అంతకన్న మంచి ఉద్యోగం దొరకక పోవడంచేత దానికే సిద్ధపడ్డాడు. తాను విద్యార్థులకు లోకువ అయిపోకుండా ఉండడం కోసం ఫిజిక్సు తెగ చదవడం మొదలు పెట్టేడు. అందులో క్రమేపీ అభిరుచి ఏర్పడింది.

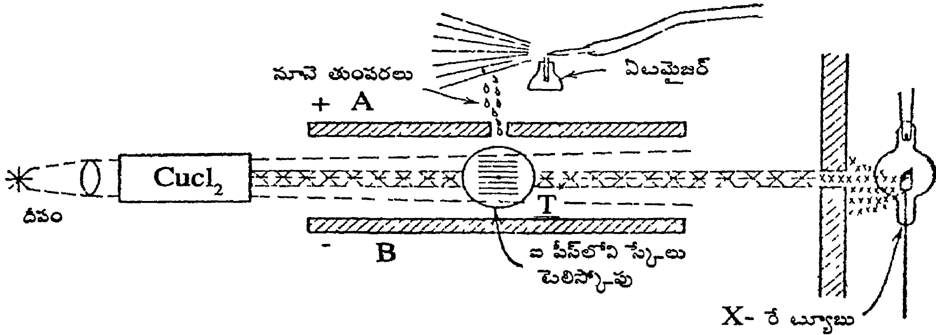
అక్కడినుంచి స్కాలర్‌షిప్పుమీద కొలంబియా యూనివర్సిటీకి వెళ్లేడు. ఆనాటి అమెరికన్ యూనివర్సిటీలలో రీసెర్చి ఎక్కువగా ఉండేది కాదు. మరీ అంతగా అభిలాష ఉన్నవాడు యూరపు వెళ్లి, ట్రెయినింగు పొంది వచ్చేవాడు. మిల్లికాన్‌కి రీసెర్చిలో ఉన్న ఉత్సాహంచూసి, జర్మనీ వెళ్లమని సలహా ఇచ్చాడు ప్రొఫెసర్ ప్యూపిన్. తన దగ్గర అంత డబ్బులేదని సిగ్గుపడుతున్న మిల్లికాన్‌కి అవసరమైన డబ్బు ఇచ్చి పంపించాడు ఆయన. ఆ డబ్బు అప్పుగా మాత్రమే తీసుకుంటానని ప్రోనోటు వ్రాసి ఇచ్చాడు మిల్లికాన్.

మిల్లికాన్ యూరపులో ఉన్న రోజులలోనే బెక్వెరల్, రాంట్‌జన్, క్యూరీ, థామ్సన్‌వంటి ఉద్దండ పండితులు అంతవరకూ అందరూ అంగీకరిస్తున్న సిద్ధాంతాలనెన్నిటినో తలకిందులు చేసేస్తున్నారు. వారి పరిశోధనలతో వైజ్ఞానిక ప్రపంచం అల్లకల్లోలమైపోతోంది. వారి కొత్త సిద్ధాంతాల వెల్లువలలో తలమునకలవుతున్న మిల్లికాన్‌కి షికాగో యూనివర్సిటీలో అసిస్టెంటు ప్రొఫెసరుగావచ్చి చేరవలసిందని మైకేల్సన్ అనే సుప్రసిద్ధ అమెరికన్ శాస్త్రజ్ఞుడి దగ్గరనుంచి టెలిగ్రాం వచ్చింది.

ఆ యూనివర్సిటీలో చేరిన పదేళ్లకి – తన 40వ ఏట మిల్లికాన్ పరిశోధన మొదలుపెట్టేడు. అందులో ముఖ్యమైనది ఎలక్ట్రాన్ ఛార్జి (e) కొలవడం. అది ఆనాటి వైజ్ఞానికులను ముప్పుతిప్పలు పెడుతున్న సమస్య. దీనిని కొలవడానికి ఇంగ్లండులో కేంబ్రిడ్జి యూనివర్సిటీలో జె.జె. థామ్సన్‌గారి అసిస్టెంటు H A విల్సన్ 1903 లో ప్రయత్నించాడుకాని, ఫలితాలు సంతృప్తికరంగా లేవు.

విల్సన్ చేసిన ప్రయోగాలను అభివృద్ధి చేసి, మిల్లికాన్ మళ్లీ ప్రయత్నించాడు. ఇతడి ప్రయోగం వెనుకనున్న సూత్రం సూక్ష్మంగా ఇదీ.

రెండు లోహపురేకులమధ్యని ఒక నీటి తుంపరను ప్రవేశపెట్టి, అది ఎల్లా కదులుతున్నదీ పరిశీలించాలి. బరువు వల్ల ఆ తుంపర సహజంగా కిందికి దిగుతుంది. కాని, గాలి నిరోధిస్తూ ఉండడంవల్ల వేగం అంతకంతకు హెచ్చడానికి బదులు, స్థిరవేగంతో కిందికి దిగుతూ ఉంటుంది.



ఎలక్ట్రాన్ ఛార్జి కొలవడానికి ప్రొఫెసర్ మిల్లికాన్ ఉపయోగించిన పనిముట్టు సూత్రప్రాయంగా

ఇప్పుడు ఆ తుంపరమీద కొన్ని ఎలక్ట్రానులు అతుక్కుని ఉన్నాయనుకుందాం. పై లోహపు రేకును వోల్టాయిక్ బేటరీ తాలూకు ధన ధ్రువానికి, కింది లోహపు రేకును రుణ ధ్రువానికీ కలిపితే, ఆ విద్యుత్ క్షేత్రబలం వల్ల రుణ విద్యుత్తు కలిగిన నీటి తుంపర ధన ధ్రువం వైపు (పైకి) ఆకర్షింపబడుతుంది. కిందికి లాగే గురుత్వాకర్షణకి, పైకి లాగే విద్యుదాకర్షణ సరిసమానమైతే ఆ తుంపర పైకీ వెళ్లక, కిందికీ దిగక స్థిరంగా ఉంటుంది. విద్యుదాకర్షణ అధికమైతే పైకీ, గురుత్వాకర్షణ అధికమైతే కిందికీ నడుస్తుంది. ఈ తుంపర కదిలే వేగాన్ని కొలిస్తే, విద్యుత్ క్షేత్రబలం తెలుసు కనుక తుంపరమీదనున్న మొత్తం ఛార్జి తెలుస్తుంది.

నీటి తుంపర అయితే త్వరగా ఆవిరి అయిపోతుంది కనుక దాని బరువు స్థిరంగా ఉండదు అని గ్రహించి, నీటికి బదులు త్వరగా ఆవిరికాని గడియారాలలో వేసే నూనెను ఉపయోగించాడు. దోమలను చంపడానికి మందుచల్లే రకం "స్ప్రే పంపు" ఉపయోగించి, ఈ నూనెను బహు సూక్ష్మమైన తుంపరలుగా పడేటట్లు చేశాడు. ఆ తుంపరలమీదికి X-కిరణాలు ఒక్క క్షణకాలం పంపించాడు. గాలిలోని అణువులనుంచి ఈ X- కిరణాల ప్రభావంవల్ల కొన్ని ఎలక్ట్రానులు తెగిపోయి, వెళ్లి ఆ నూనె తుంపరలమీద అతుక్కుంటాయి. ఒక్కొక్క తుంపరమీద ఒక్కొక్క ఎలక్ట్రాను మాత్రమే వచ్చి అతుక్కుంటుందని ఏమీ

లేదు. 1,2,3,4, ... 10 ఎలక్ట్రానులు అతుక్కోవచ్చు. మనం పరిశీలిస్తున్న నూనె తుంపర మీద ఎన్ని ఎలక్ట్రానులు అతుక్కుని ఉన్నాయో తెలుసుకోవడం కష్టం. అయితే ఆ తుంపరమీద మొత్తం ఎంత ఛార్జి ఉందో మాత్రమే తెలుస్తుంది. ఎన్ని ఎలక్ట్రానులు చేరడంవల్ల అంత ఛార్జి ఏర్పడిందో తెలిస్తేకాని, ఒక్కొక్క ఎలక్ట్రానుమీద ఎంత ఛార్జి ఉందో తెలియదు కదా?

ఈ సమస్యని మిల్లికాన్ చిత్రంగా అధిగమించాడు. అందులోని మూలసూత్రం ఇదీ ఉదాహరణకి వెండి రూపాయికాసులు ఒక తట్టెడు ఉన్నాయనుకుందాం. సమానమైన బరువులుగల చిన్నచిన్న కాళీ గుడ్డసంచీలు కొన్ని వందలు మరో తట్టలో ఉన్నాయి. ఒక వెర్రివాడు ఒక చేతితో ఒక సంచీ తీసుకునీ, రెండవ చేతితో తనకి తోచినన్ని రూపాయలు తీసుకుని ఆ సంచిలో వేసి, మూతికట్టేసి పడేస్తున్నాడు అనుకుందాం.

సంచీ మూతివిప్పి లోపల ఎన్ని రూపాయి కాసులు ఉన్నాయో చూడకూడదు. కావాలంటే ఆ సంచీలను తూచుకోవచ్చు. అందుకోసం సున్నితమైన తక్కెడ ఉంది. అంతే. ఇప్పుడు నువ్వు చేయవలసిందేమిటంటే ఆ సంచీల సీలు విప్పకుండా తూకంవేసి, ఒక్కొక్క రూపాయి కాసు ఎంత బరువుంటుందో తెలుసుకోవాలి.

ఇది ఎల్లా సాధ్యం?

దీనిని తెలుసుకునే ఉపాయం ఒకటి ఉంది, ఆ సంచీలను వరుసగా తూచి, వాటి బరువులు విడివిడిగా వ్రాసుకుంటూ పోవాలి. ఆ బరువులు గ్రాములలో ఈ క్రింది విధంగా ఉన్నాయి.

33,44,88,11,22,77,99,121,187, 44, 66,33, 110, 132, 11, 55, 99, 154, 165, 22, 143, 77, ...

ఈ సంఖ్యలన్నిటికీ కనిష్ఠసామాన్య గుణిజం (L C M) తీసుకుంటే "*11 గ్రాములు*" వస్తుంది. అదే ఒక రూపాయికాసు బరువు అవుతుంది!

అదెల్లాగ!

అన్ని రూపాయిలూ ఒకే బరువుకలవి కనుక, రూపాయలు పూర్ణ సంఖ్యలలోనే ఉండాలి కనుక, క.సా.గు. తీసుకుంటే (సాధారణంగా) ఒక్క నాణెం బరువు తెలుస్తుంది. సాధారణంగా అని ఎందుకన్నానంటే ఆ వెర్రివాడు సంచులలో నాణెములను లెక్కపెట్టకుండా చేతికి అందినన్ని వేస్తూ పోతున్నాడు కనుక, కొన్ని సంచులలో ఒకే ఒక నాణెం ఉండే అవకాశం తప్పకుండా ఉంటుంది. కొన్ని సంచులలో రెండు నాణెములు, కొన్నిటిలో మూడు నాణెములు, కొన్నిటిలో నాలుగు ...... ఇల్లా ఉంటాయి. కనుక ఆ బరువుల క.సా.గు తీసుకుంటే ఒక్క నాణెం బరువు వస్తుంది. అయితే ఈ విషయాన్ని నిర్ధారణగా చెప్పగలగాలంటే నాలుగో, ఐదో సంచులు తూచితే సరిపోదు; వందల కొద్దీ సంచులు తూచాలి.

సరిగ్గా మిల్లికాన్ ఇదే పనిచేశాడు. 1909 నుంచి 1912 వరకూ ఈ నూనె తుంపరలనే కొలుస్తూ ఉన్నాడు. ఒక్కొక్క తుంపరతో గంటలతరబడి కుస్తీ పట్టేవాడు. ఆఖరికి ఒకే ఒక ఎలక్ట్రాన్‌మీద ఉండే విద్యుత్ ఛార్జిని నిర్ణయించ గలిగేడు.

ఈ పరిశోధనలో ఆయన ఉపయోగించిన పనిముట్టును ఇక్కడి బొమ్మలో సూత్రప్రాయంగా చూపించాను. A,B అనేవి సమాంతరంగా, 6/10 అంగుళం ఎడంగా ఉన్న, 10 అంగుళాల వ్యాసంగలిగిన రెండు ఇత్తడి పలకలు, వాటి మధ్య గాలి వత్తిడి అవసరానుకూలంగా మార్చడానికి వీలుగా వాటిని ఒక గాజుపెట్టెలో పెట్టేడు. దానిలోపల ఉష్ణోగ్రత స్థిరంగా ఉండే ఏర్పాటు చేశాడు. లోపల గాలి కదలికలు ఉండవు. పై పలకలో మధ్యని అర మిల్లీమీటరు వ్యాసంగల చిన్న రంధ్రం ఉంది. దానిలోనుంచి "ఏటమైజరు" సాయంతో నూనె తుంపరలు అందులో పడేటట్లు చేశాడు. చాలా కాంతివంతమైన దీపంనుంచి కాంతి ఆ పలకలమధ్య పడేటట్లు అమర్చాడు. ఆ దీపంనుంచి వేడిని ఆపేసి, కాంతిని మాత్రమే వెళ్లనివ్వడంకోసం కాపర్ క్లోరైడ్ ($Cucl_2$) ద్రవాన్ని ఫిల్టరుగా ఉపయోగించాడు. ఈ వెలుగులో నూనె తుంపరలు నక్షత్రాలలాగా మెరుస్తూ కనిపిస్తాయి. టెలిస్కోపులోంచి ఈ తుంపరలను పరిశీలించవచ్చు. వాటి కదలికలను "ఐ పీస్" లో ఉన్న స్కేలు సాయంతో చాలా నిర్దుష్టంగా కొలవవచ్చు.

ఏదో ఒక నూనె తుంపరను ఎన్నుకుని, అది కిందికి దిగేవేగాన్ని కొలవాలి. అది టెలిస్కోపు దృష్టినుంచి పూర్తిగా మాయమైపోకముందే పై పలక (A) కి ధనవిద్యుత్ ధ్రువాన్ని కలిపి, కావలసిన వోల్టేజిని అమర్చి, ఆ తుంపర పైకి కదిలేటట్లు చేసి ఆ వేగాన్ని కొలవాలి.

ఈ రెండు వేగాలు, (A-B) పలకలమధ్య దూరం, వాటిమీద వోల్టేజి, నూనె సాంద్రత తెలిస్తే, ఆ తుంపరమీద ఉన్న విద్యుత్ ఛార్జిని లెక్కవేయవచ్చు.

ఆ తుంపరనే విడవకుండా పైకీ కిందికీ నడిపిస్తూ, X- కిరణాలను ప్రసరింప జేయడం ద్వారా ఆ తుంపరమీద సవారీ చేసే ఎలక్ట్రానుల సంఖ్యను మార్చవచ్చు. (సంఖ్యను మార్చవచ్చునేగాని ఎన్ని ఎలక్ట్రానులు ఉన్నాయో తెలియదు).

ఈ విధంగా ఒకే నూనె తుంపరను గంటల తరబడి పైకీ కిందికీ కదిలిస్తూ, దానిమీదనున్న ఛార్జిని మారుస్తూ, అది పైకీ కిందికీ కదిలే వేగాలను కొలుస్తూ, ఆ ఛార్జిని లెక్కవేస్తూ ఉండవచ్చు.

ఇదీ మిల్లీకాన్ చేసిన పని.

మూడు సుదీర్ఘ సంవత్సరాల కృషి ఫలితంగా ఎలక్ట్రాన్ ఛార్జిని

$e = 4\ 8025 \times 10^{-10}$ e s u (*) $= 1\ 592 \times 10^{-19}$ కూలంబ్ అని నిర్ణయించ గలిగేడు. ఇంతకుముందే జె.జె. థామ్సన్ కనుగొన్న e/m విలువను, దానినీ కలిపి, ఎలక్ట్రాన్ బరువు (m) తెలుసుకున్నాడు.

m = 9 1066 X 10^{-28} గ్రాము.

ఇది రెండూ సార్వత్రికమూ, సార్వకాలికమూ అయిన స్థిరాంకాలు.

ఈవిధంగా మొట్టమొదటిసారి ఎలక్ట్రాన్ ఛార్జిని కొలవ గలిగినందుకూ, ఆ తరువాత ఐన్‌స్టైన్ ప్రతిపాదించిన "ఫొటో ఎలక్ట్రిక్" సిద్ధాంతాన్ని ప్రయోగ పూర్వకంగా రుజువు చేసినందుకూ కలిపి 1923లో రాబర్ట్ మిల్లికాన్‌కి ఫిజిక్సులో నోబెల్ బహుమానం లభించింది.

వివిధ పరమాణువుల బరువులు

ఎలక్ట్రాన్ బరువు తెలియగానే, దానికి 1840 రెట్లు బరువున్న హైడ్రోజన్ పరమాణువు బరువు 1 671 X 10^{-24} గ్రా అని తెలిసింది.

మిగిలిన మూల పదార్థాల పరమాణుభారాలు హైడ్రోజన్‌కి ఇన్ని రెట్లు అని ఇదివరకే శాస్త్రజ్ఞులకు తెలుసు కనుక అన్ని రకాల పరమాణువుల బరువులూ తెలిసి పోయాయి. ఉదాహరణకి హీలియం పరమాణు భారము.

= హైడ్రోజన్ పరమాణు భారానికి 4 రెట్లు.

= 4 X 1.671 X 20^{-24}

= 6 684 X 10^{-24} గ్రా.

ఇల్లాగే మిగిలిన అన్ని పరమాణు భారాలూ సాపేక్షంగాకాక, నిజంగా గ్రాములలో తెలిసిపోయాయి.

....

* e.s.u = Electrostatic Units.
e m.u. = Electromagnetic Units
e s.u = e.m u x కాంతి వేగము
e/m = 1 769 x 10^{7} e.m.u.
లేదా e/m = 1 769 x 10^{7} x 2 98 x 10^{10}
= 5.272 x 10^{17} e.s u

9 జీవ విద్యుత్తు

"ఐదు గుర్రాలు దొరికేయి దొరా!"

"చాలులే, అన్నీ సిద్ధంగా ఉన్నాయి కదా?"

"ఉన్నాయి దొరా! ఈదెబ్బతో గిమ్నోతీలు దొరక్కుండా ఎల్లా తప్పించుకుంటాయో చూద్దాం"

"అయితే గుర్రాలని నీళ్లల్లోకి తోలండి"

కమ్చీలు ఛెళ్లుమన్నాయి.

గుర్రాలు సకిలించి, అయిష్టంగానే నీళ్లల్లోకి కదిలేయి.

మరుక్షణంలో ఆ చెరువంతా అల్లకల్లోలం అయేటట్లు ఆ గుర్రాలు అలంగం తొక్కసాగేయి. ప్రాణభయంతో అరిచే వాటి అరుపులు, బుసబుసలు వెర్రిగంతులు చెప్పనలవికాకుండా ఉన్నాయి. నిర్మలమైన నీళ్లన్నీ ఆ కెక్కిరింపులతో బురద బురద అయిపోయాయి. బాధ భరించలేక ఒడ్డెక్కి రావడానికి ప్రయత్నిస్తున్న గుర్రాలను కమ్చీలతో కొట్టి మళ్లీ నీళ్లల్లోకి గెంటేశారు ఒడ్డున ఉన్న ఆదివాసీలు. ఆ గుర్రాలు మళ్లీ గంతులూ, అరుపులూనూ. కళ్లల్లో మృత్యుభయం. రెండు గుర్రాలు మునిగిపోయాయి. మిగిలినవి ప్రాణావశిష్టంగా చచ్చిచెడి గట్టెక్కి, నిలబడడానికికూడా ఓపిక లేక, చతికిలబడిపోయాయి. ఎగిరెగిరిపడుతున్న రొమ్ములతో, చొంగలు కారుతున్న నోళ్లతో వేలబడిపోయాయి.

"గిమ్నోతీలు అలిసిపోయి ఉంటాయి పట్టుకోండి" పంగల కర్రలతో లాఘవంగా తరిమి తరిమి ఐదు గిమ్నోతీలను పట్టేశారు ఆదివాసీలు. ఆ బుట్టల మూతులు బిగియగట్టి, వాటిని నీళ్లల్లోనే ముంచి ఉంచేరు.

"సెభాష్!" అన్నాడు దొర.

అనుకున్నదానికన్న అధికంగా వారికందరికీ డబ్బులిచ్చి, వారి సలాములు అందుకున్న ఆ దొరపేరు అలగ్జాండర్ ఫాన్ హుంబోల్ట్.

బోన్ ప్లాండ్ అనే వృక్ష శాస్త్రజ్ఞుడితో కలిసి ఆయన "ఎలక్ట్రిక్ ఈల్" చేపలను పట్టుకోవడంకోసం జర్మనీనుంచి 1800వ సంవత్సరంలో దక్షిణ అమెరికా వెళ్లేడు. మూడు వందల ఏళ్లుగా తమ దేశస్థులను తప్ప మరి ఎవ్వరినీ అడుగు పెట్టనివ్వని



ఎలక్ట్రిక్ ఈల్ చేప కొట్టిన షాకుకి గింగరాలు తిరుగుతున్న అడవి గుర్రం;

స్పానిష్‌వాళ్లు వీరిద్దరినీ రానిచ్చారు, వైజ్ఞానిక పరిశోధన కోసం కదా అని. వాళ్లు వెనిజులా దాటి "అపూరే" నదీప్రాంతంలో ఉన్న "ఒరినోకో" అనే చోటికి వచ్చారు. అక్కడ వారికి "జీవ విద్యుత్తు" (Animal Electricity) దర్శనమిచ్చింది.

ఎలక్ట్రిక్ ఈల్ చేపలని అక్కడి ఆదివాసీ భాషలో "గిమ్నోతీ" లంటారు. లాటిన్ భాషలో "గిమ్నోటస్ ఎలక్ట్రికస్" (లేదా ఎలక్ట్రోఫోరస్ ఎలక్ట్రికస్) అంటారు. మైమోజా వృక్షాల చిక్కని వాసనలతో నిండిన ఆ అడవిలో సెలయేళ్లల్లోనూ, చెరువుల్లోనూ (తియ్య నీటిలో) ఉంటాయి ఈ చేపలు. వాటిని పట్టుకోడానికి మామూలు వలలు పనికిరావు. ఏమంటే అవి చటుక్కున బురదలో దూరిపోతాయి. వాటిని ఆ బురదలోంచి బయటికిలాగడానికి ఒక్కటే ఉపాయం ఉంది. అడవి గుర్రాలను ఆ నీళ్లల్లోకి తోలాలి. గుర్రాల డెక్కల తాకిడికీ, ఆ కలకలానికి బెదిరి, ఐదారు అడుగుల పొడుగున్న పసుపుపచ్చని పసిరి నీటిపాముల్లాంటి ఈల్ చేపలు బయటికి వస్తాయి. అవి గుర్రాల పొట్టలకింద చేరి ఆత్మరక్షణ కోసం తమ శరీరంలోని ఐదారు వందల ఓల్టుల ఎలక్ట్రిక్ బేటరీలతో దిమ్మ తిరిగిపోయేటట్లు షాకుకొడతాయి. ఆ షాకుకి చిన్న చిన్న

జంతువులైతే చచ్చిపోతాయి. పెద్ద జంతువులు వెంటనే చచ్చిపోవు కానీ, స్పృహ తప్పి నీళ్లల్లో మునిగిపోవడంవల్ల చచ్చిపోవచ్చు.

పదేపదే షాకులు కొట్టిన ఈ చేప అలిసిపోతుంది. దాని శరీరంలో నిలవ ఉన్న విద్యుత్ అంతా ఖర్చు అయిపోయాక ఇంక అది ఏమీ చెయ్యలేదు. మంచి భోజనమూ, తగినంత విశ్రాంతీ దొరికితే గిమ్నోతీలు తమ బేటరీలను మళ్లీ ఛార్జి చేసుకుంటాయి.

అక్కడి ఆదివాసులకు గిమ్నోతీ పేరు చెబితేనే భయం. వాళ్లు ఆ ఛాయలకు కూడా పోరు. ఏదో తంటాలుపడి వాటిని పట్టుకుందామన్నా అవి తినడానికి పనికిరావు. వాటి రుచి బాగుండదు.

ఈ చేపలమీద పరిశోధన జరిపిన హుంబోల్ట్ తన డైరీలో ఇల్లా వ్రాసుకున్నాడు. *"ఒకనాడు ధైర్యం చేసి నీళ్లల్లో ఉన్న ఒక గిమ్నోతీని ముట్టుకున్నాను. లైడెన్ జార్‌తో ఇదివరలో ఎన్నోసార్లు షాకులుతినిఉన్నాను కానీ, ఈ చేప షాకు ముందు అది చాలా తక్కువ అనిపించింది. ఆ రోజు రోజంతా నా కీళ్లు అన్నీ బాధిస్తూనే ఉన్నాయి. ఉండి ఉండి కెరటాల్లాగ పోట్లు, తరవాత తిమ్మిరి ఎక్కడమూనూ".*

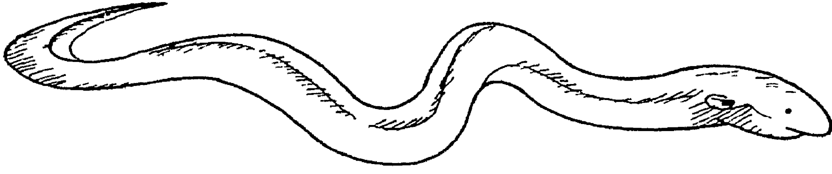
తన విద్యుచ్ఛక్తినంతా గిమ్నోతీ తన శరీరంమీద ఎక్కడ కావాలంటే అక్కడ సమీకరించగలదు. విద్యుత్తును తయారుచేసే అంగం దాని శరీరం పొడుగునా చాలాభాగాన్ని (4/5వ వంతు) ఆక్రమించుకుని ఉంది. ఆ భాగం తినడానికి బాగుండదు.

ఈ చేపలలో పిల్లలు 120 వోల్టులు, పెద్దవి బలహీనంగా ఉన్నవి 300 వోల్టులు, బలిష్ఠమైనవి 500-600 వోల్టుల విద్యుత్తునీ తయారు చేసుకోగలవు.

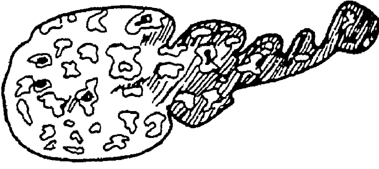
ఇద్దరు మనుషులు – ఒకడు గిమ్నోతీ తలనీ, మరొకడు తోకనీ పట్టుకుని, చేతులు కలిపి వలయంలాగ ఏర్పడితే ఇవి షాకు కొట్టలేవు.

స్పెయిన్‌వాళ్లూ, పోర్చుగీసువాళ్లూ దక్షిణ అమెరికా ఖండాన్ని ఆక్రమించుకునే వరకూ ఈ గిమ్నోతీల సంగతి తక్కిన ప్రపంచంలో ఎవ్వరికీ తెలియదు. అక్కడి ఆదివాసులు ఈ చేపలని పక్షవాతానికి వైద్యంగా ఉపయోగించేవారు. ఎలక్ట్రిక్ ఈల్ ఉన్న నీళ్ల తొట్టెలో రోగిని పడుకోబెట్టేవారు.

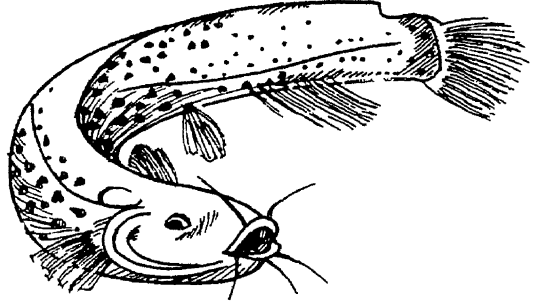
విద్యుత్తును తయారు చేసుకుని షాకు కొట్టగల చేపలు ఇంకాఉన్నాయి. వాటిలో నైలునదిలోని "పిల్లి చేప" (Cat Fish = Parasilurus asota) మధ్యధరా సముద్రంలోనూ, అనేక రకాల "టార్పెడోరే" (Torpedo Ray = Torpedo Torpedo) చేపలు అట్లాంటిక్ మహాసముద్రంలోనూ బహుకాలం కిందటే ఆ ప్రాంతాల నివసించే మనుషులకు తెలుసు. ఈ రెండురకాల ఎలక్ట్రిక్ చేపల బొమ్మలూ క్రీ.పూ. 2750 నాటి ఈజిప్షియను గోరీలమీద కనిపిస్తున్నాయి. వీటిని వారు చాలా భయభక్తులతో చూచేవారు. కొన్ని గ్రీకుల ఇత్తడి పళ్లెములమీద కూడా వీటి బొమ్మలు కనిపిస్తున్నాయి.



ఎలక్ట్రిక్ ఈల్ (గిమ్నోతీ)



టార్పెడో రే



పిల్లి చేప

టార్పెడో రే చేప ప్లేటో రచనలలో కనిపిస్తుంది. "తన దగ్గరకు వచ్చిన వారిని టార్పెడో చేప ఏవిధంగా అదరగొట్టేస్తుందో, నువ్వు నన్ను అదే విధంగా ప్రభావితం చేశావు" అని సోక్రటీసుతో అంటున్నాడు.

ప్లేటో శిష్యుడైన అరిస్టాటిల్ తన "జంతు శాస్త్రం" అనే గ్రంథంలో టార్పెడో చేపని ఈ విధంగా వర్ణించాడు.

"తాను పట్టుకోదలచిన జంతువును టార్పెడో చేప తన అసాదారణ శక్తితో నిశ్చేష్టితంచేసి, పట్టుకుని తినేస్తుంది. ఇది ఇసుకలోనూ, బురదలోనూ దాక్కొని ఆ వైపుగా వచ్చిన జంతువులమీద దెబ్బతీస్తుంది"

ఈ అసాధారణశక్తికే "షాక్" అనే మాటను రోమను విద్వాంసుడు సిసిరో మొట్టమొదటిసారి ఉపయోగించాడు. క్లాడియస్ అనే మరో రోమను రచయిత దానిని ఇలా వర్ణించాడు "భయంకరమైన టార్పెడోయొక్క శక్తిని గురించి ఎరగని వాడెవడూ? దానికాపేరు అన్నివిధాలా సరిపోతుంది. పల్లెవాడు విసిరిన గాలాన్ని పొరబాటున టార్పెడో మింగబోయినప్పుడు ఆ గాలం ముల్లు నోట్లో గుచ్చుకుంటే దానిని విదలించుకోడానికి టార్పెడో గిజాయించుకోదు అంత బాధలోనూ అది తన శక్తిని మరచిపోదు. ఆ గాలంతాడు గుండా కర్రలోంచి పల్లెవాడిచేతికి తన శక్తి ప్రసరించేటట్లు చేస్తుంది. అంతే,

వాడు దిమ్మ తిరిగిపోయి, ఆ గాలాన్ని అక్కడే వదిలేసి, బతికి ఉంటే బలుసాకు తినవచ్చని వెనక్కి తిరిగైనా చూడకుండా పరుగు అందుకుంటాడు". ఆనాటి రచయితలకి అతిశయోక్తులు చాలా ఇష్టం. గాలానికి ఇనుపచువ్వగాని, పచ్చి కర్రగాని ఉంటేనే దానిగుండా షాకు తగులవచ్చుగానీ, ఎండు కర్రలోంచి ఈ శక్తి ప్రసరించదు.

టార్పెడో చేపమీద నీళ్లు ధారగాపోస్తే ఆ నీటిధారగుండా పోస్తున్నవాడి చేతికి షాకు కొడుతుందని ప్లూటార్క్ వ్రాశాడు.

ఈ చేప ఒక రకమైన విషాన్ని విడుస్తుందనీ, అదే బాధకీ తిమ్మిరికీ కారణమని ఆకాలంలో కొందరు ఊహించారు. ఈ చేప విపరీతమైన చల్లదనాన్ని సృష్టించి, తద్వారా తిమ్మిరి ఎక్కేటట్లు చేస్తుందని మరికొందరు అనుకున్నారు. ఈ షాక్ ఎలక్ట్రిసిటీకి సంబంధించినదని మరో 1500 సంవత్సరాల తరవాతగాని లోకానికి అర్థం కాలేదు. అది విద్యుత్తని తెలియకపోయినా సరే రోమన్ వైద్యులు ఈ చేపలని కొన్ని రోగాలు నయం చేయడానికి ఉపయోగించుకున్నారు. క్రీ.శ. 1వ శతాబ్దంలో రోమను చక్రవర్తి క్లాడియస్‌కి ఆస్థాన వైద్యుడుగా ఉన్న స్క్రిబోనియస్ లార్గస్ టార్పెడో చేప ఇచ్చే షాకులు వైద్యంలో ఎలా ఉపయోగిస్తాయో వివరించాడు. 'గౌట్' (Gout) * వ్యాధికి ఇతడు చెప్పిన వైద్యం ఇదీ. "బాధ మొదలు అవగానే రోగి తడికాళ్లతో నల్ల టార్పెడో చేప నడ్డిమీద నిలుచోవాలి, మోకాళ్ల వరకూ తిమ్మిరి ఎక్కిపోయే వరకూనూ. ఇందువల్ల తాత్కాలిక ఉపశమనమే కాదు, ఆ జబ్బు మళ్లీ రాకుండా పోతుంది". అల్లాగే తీవ్రమైన పార్శ్వపు తలనొప్పులకు కూడా టార్పెడో చేపని నొప్పి ఉన్నచోట తగిలించడం చాలామంచిది అని వ్రాశాడు.

రోమనుల తరవాత వీటిని ముస్లిములు వైద్యంలో ఉపయోగించారు. 11వ శతాబ్దంలో ఎలక్ట్రిక్ పిల్లి చేపలను మూర్ఛ రోగ నివారణకు ఉపయోగించేవారు. ఆఫ్రికాలోని ఆదిమ జాతులు పిల్లి చేపని రకరకాల నొప్పులు పోగొట్టడానికే కాకుండా "దయ్యాన్ని వదలగొట్టడానికి" కూడా వాడేవారు.

పక్షవాతంవల్ల ముఖం వంకరపోతే పిల్లిచేప చేత ప్రతిరోజూ ఉదయం ఆ ప్రదేశంలో షాకు కొట్టిస్తే నయం అవుతుందని 16వ శతాబ్దపు చీనా వారి వైద్య గ్రంథంలో వ్రాసి ఉంది.

18వ శతాబ్ది చివర ఈ ఎలక్ట్రిక్ చేపలతో వైద్యం యూరపులో ఫేషన్ అయింది. "షాకు ఒక్కంటికి అర క్రౌను చొప్పున షాక్ వైద్యం చేయించుకోండి!" అని లండన్‌లో ప్రకటన వేసేరు. ఈ పనికోసం టార్పెడో చేపలను వాడేవారు.

---

*(Gout) గౌట్. ఇది ఒక రకమైన వ్యాధి. రక్తంలోని యూరిక్ ఏసిడు సరిగ్గా బహిష్కరింపబడకపోవడం చేత ఈ స్ఫటికములు చిన్న కీళ్లవద్ద ముఖ్యంగా కాలి బొటన వేళ్ళ వద్ద పేరుకుని, వాచి చాలా బాధిస్తాయి. ఇది వంశ పారంపర్యంగా వచ్చే జబ్బు.

30 కోట్ల సంవత్సరాలక్రితం – చేపలు ఈ ప్రపంచంలోకి అడుగు పెడుతున్న సంధియుగంలో – సముద్రపుటడుగున "ఓస్ట్రకోడెర్మ్" అనబడే చేప వంటి జీవి ఒకటి నివసించేది. దాని "ఫాసిల్సు" (శిలాజములు) దొరికేయి. ఇప్పటి టార్పెడో చేపకిలాగే దానికి షాకు ఇవ్వగలశక్తి ఉండేదని శాస్త్రజ్ఞులు నిర్ణయించేరు!. ఈ సంగతిని వారు తెలుసుకున్న పద్ధతి చాలా చిత్రమైనది. ఓస్ట్రకోడెర్ముల ఫాసిల్సు చాలాభాగంపైన ఉన్న రాతిపొరల బరువుకి చితికి పోయాయికానీ, నలిగిపోని ఒక పూర్తి ఫాసిల్ తీసుకుని, దాని పైభాగాన్ని స్వల్పంగా అరగదీసి ఫొటో తీశారు. మళ్లీ మరో అరమిల్లీమీటరు అరగదీసి మళ్లీ ఫొటో తీశారు. ఈ విధంగా అనేక వందలసార్లు అరగదీస్తూ, ఫొటోలు తీస్తూపోయారు. మొత్తం ఫాసిల్ అంతా అరిగిపోయిందికానీ దాని బదులు అనేక వందల ఫొటోలు మిగిలేయి. వాటి సాయంతో ఆ జీవి తాలూకు నరాలు, రక్తనాళాలూ, కండరాలు వగైరా సమస్త అంతర్భాగాలనూ పునర్నిర్మించగలిగేరు. ఈనాటి ఎలక్ట్రిక్ చేపలలో విద్యుత్తును సృష్టించే అంగంవంటిది ఆ ఓస్ట్రకోడెర్మ్‌లో స్పష్టంగా కనిపించింది!

ఈ చేపలషాకు విద్యుత్తు వల్లనే అని రుజువు ఏమిటి?

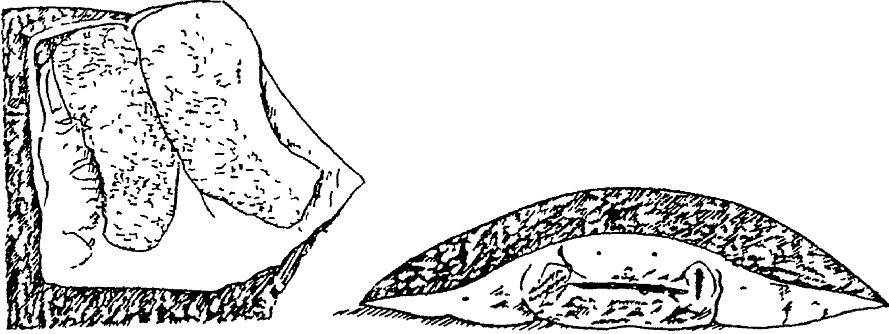
1746లో మ్యూషెన్‌బ్రూక్ లైడెన్‌జార్ కనిపెట్టేక అది ఇచ్చే షాకు ఎల్లా ఉంటుందో చాలామంది రుచి చూశారు. దీనిని కొందరు ఆటవస్తువుగా ఉపయోగిస్తే, ఫ్రాంక్లిన్‌వంటివారు విద్యుత్‌శాస్త్ర పరిశోధనలకి ఉపయోగించారు. విద్యుత్తుతో నిండిన లైడెన్ జార్ కొట్టే షాకులకీ, టార్పెడో చేప, పిల్లిచేప కొట్టే షాకులకీ చాలా దగ్గర పోలిక ఉందని 1762లో ఫ్రాన్స్ ఫాన్ డెర్ లాట్ అనే శాస్త్రజ్ఞుడు కనుగొన్నాడు.

8 అడుగుల లోతున టార్పెడో చేప ఉండగా, ఆ నీళ్లల్లో చెయ్యి ముంచిన వాడికి అదే సమయంలో మరొకడు ఆ చేపను కర్రతో కదిలించగా – షాకు తగిలింది.

ఒకడి చెయ్యి మరొకడు పట్టుకుని 12 మంది గొలుసులాగ ఏర్పడి, మొదటివాడు ఇనుపచువ్వతో టార్పెడోను ముట్టుకోగా ఆ గొలుసులోని పన్నెండు మందికీ షాకు తగిలింది.

ఈ నిదర్శనాలన్నీ ఆ షాకు విద్యుత్తువల్లనే అని ధ్రువ పరుస్తున్నాయి అన్నాడు 1769లో ఎడ్వర్డ్ బెన్‌క్రాఫ్ట్. తరువాత ఇటువంటి ప్రయోగాలను పిల్లిచేపతో కూడా విస్తృతంగా చేసి అదికూడా విద్యుత్తేనన్నాడు జాన్ వాల్ష్. అంతేకాదు, టార్పెడో చేప శరీరంమీద ఇరుపక్కలాఉన్న విద్యుదంగాలు ఒకటి ధనధ్రువమూ,రెండవది రుణధ్రువమూ అని రుజువు చేసినందుకు 1773లో ఆయనకి కోప్లే మెడలు ఇచ్చింది రాయల్ సొసైటీ.

వాల్ష్ సూచన ప్రకారం టార్పెడో చేప తాలుకు విద్యుత్ అంగాలను డిసెక్టుచేసి పరిశీలించాడు జాన్ హంటర్.



టార్పెడో చేప తాలూకు విద్యుత్ అంగముల అడ్డకోత (ఎడమవైపు బొమ్మ) నిలువుకోత (కుడివైపు బొమ్మలో *H* గుర్తు కలది); 1773లో జాన్ హంటర్ డిసెక్టు చేసి గీసిన బొమ్మలు

నిలువుకోతలో ఎడమపక్కని శాఖలుగా విడిపోతున్న పెద్ద నాడి కనిపిస్తోంది. దీనినిబట్టి నాడులకీ, విద్యుత్తుకీ సంబంధం ఉన్నట్లు తోస్తోంది అన్నాడు హంటర్.

ఈ చేపలుకొట్టే షాకు విద్యుత్తేనని వాల్ష్, హంటర్‌ల వాదాలను ఆకాలంలో కొందరు వ్యతిరేకించారు; దానికి రెండు కారణాలు చూపించారు. (1) సముద్రపునీళ్లు విద్యుత్ వాహకాలు కనుక ఆ నీళ్లల్లో ఉన్న చేపకిగల విద్యుత్తు "షార్టు సర్క్యూటు" అయిపోదేమి? (2) ఈ చేపలనుంచి వచ్చేది ఎలక్ట్రిక్ డిశ్చార్జే అయితే స్పార్కులు రావేమి?

ఈ అభ్యంతరాలకి హెన్రీ కేవెండిష్ ప్రయోగపూర్వకంగా సమాధానం ఇచ్చాడు.

టార్పెడో చేపబొమ్మ తయారుచేసి, ఉప్పునీటిలోముంచి, దానికి లైడెన్‌జార్ కలుపగా ఆ నీటిలో వేలు ముంచినవారికి షాక్ కొట్టింది.

చాలా లైడెన్ జార్‌లు కలిపి, వాటిని అల్పంగా ఛార్జి చేస్తే వాటినుంచి స్పార్కులు రావుగానీ షాకు తగులుతుంది అని చూపించాడు కేవెండిష్. అల్లాగే ఎలక్ట్రిక్ చేపలలో వోల్టేజి మరీ హెచ్చుగా లేకపోవడంచేత స్పార్కులురావు అన్నాడు. టార్పెడో చేపలోని విద్యుత్ అంగం సైజునిబట్టి అందులో ఉన్న విద్యుత్తు అదే లెవెలుకి ఛార్జి చేసిన 49 సామాన్యమైన లైడెన్ జారులలో ఉన్నంత విద్యుత్తు ఉంటుంది అనీ, కనుక ఈ చేపలలో వోల్టేజి తక్కువగానూ, కరెంటు హెచ్చుగానూ ఉంటుంది అనీ ఆయన వివరించాడు.

జీవ విద్యుత్తు అనేది కొన్నిరకాల చేపలకి మాత్రమే పరిమితం కాదనీ, అన్ని రకాల జంతువులలోనూ కండరాలు కదలడానికి విద్యుత్తు ఉపయోగ పడుతూనే ఉంది అ౽ 1775లో జోసెఫ్ ప్రీస్ట్లీ అనే ప్రసిద్ధ రసాయన శాస్త్రజ్ఞుడు అన్నాడు.



జోసెఫ్ ప్రీస్ట్లీ (1733 – 1804)

జీవ విద్యుత్తును గురించి యూరపులో ఈ విధంగా వాదోపవాదాలు జరుగుతున్న సమయంలో ఇటలీలో లూయిగీ గాల్వనీ విద్యుత్తుకీ కప్ప కాలి కండరాల కదలికలకీ గల సంబంధాన్ని తెలుసుకోడానికి పరిశోధన మొదలు పెట్టేడు. వీటిని గురించి 3వ ప్రకరణంలో వివరంగా తెలుసుకున్నాం.

కప్ప కాళ్లల్లో విద్యుత్తు తయారవుతుందని అనుకుని గాల్వనీ పప్పులో అడుగు వేశాడని వోల్టా ఆక్షేపించాడు. కాని, గాల్వనీ ప్రతిపాదించిన జీవ విద్యుత్ సిద్ధాంతం బొత్తిగా తప్పుకాదని దరిమిలాని తెలియవచ్చింది.

కప్ప కాలి కండరాన్ని, తెగిపోయిన నాడులనీ కలపగా ఆ కాళ్లు గిల గిల లాడేయి. దెబ్బ తగిలిన టిస్యూకీ, క్షేమంగా ఉన్న కండరానికీ మధ్య ఏర్పడే విద్యుత్పీడనంవల్ల "క్షతి విద్యుత్తు" (Injury Current) అనేది ప్రవహిస్తుందని ప్రదర్శించిన చక్కని ప్రయోగం ఇది. ఈ విషయంమీద 19వ శతాబ్దంలో విస్తృత పరిశోధనలు జరిగేయి. వీటినుంచి నాడులలో విద్యుత్తు "పల్స్" రూపంలో ప్రయాణం చేస్తుందనీ, కన్ను, చెవి, ముక్కు, నాలుక, చర్మం వంటి ఇంద్రియాలనుంచి మెదడుకీ, మెదడునుంచి కండరాలకీ వార్తలు విద్యుత్తు రూపంలో ప్రయాణం చేస్తాయనీ తెలిసింది. దీనిని గురించి ఈ ప్రకరణంలోనే మరికొన్ని వివరాలు తెలుసుకుంటాం.

ఇటలీలో ఆ కాలంలో జరిగిన వాదోపవాదాలలో వోల్టావాదం నెగ్గినట్లు కనిపించినప్పటికీ, అందుకు కారణం కేవలం వైజ్ఞానికమైనదే కాదు. 1794 నాటికి ఆరోగ్యం బాగాలేకనూ, కుటుంబ వ్యవహారాల కారణంగానూ గాల్వనీ ఈ పరిశోధన రంగంనుంచి తప్పుకున్నాడు. అతడి ఇబ్బందులకు మరొక ముఖ్య కారణం 1796లో నెపోలియన్ ఇటలీని జయించాక, అతడు ఏర్పరచి వెళ్లిన ప్రభుత్వానికి తలవంచని కారణంచేత గాల్వనీ ఉద్యోగం ఊడింది; ఇల్లు వదిలిపోవలసి వచ్చింది.

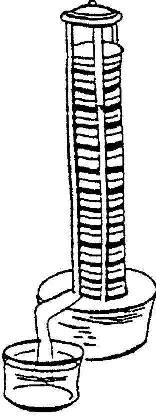
తరువాత అలగ్జాండర్ ఫాన్ హుంబోల్ట్ జీవ విద్యుత్తుమీద 1797లో చేసిన ప్రయోగాలతో గాల్వనీ సిద్ధాంతం సమర్థింపబడింది. జీవ విద్యుత్తు అనేది లేనే లేదు అన్న వోల్టా వాదానికి ఎలక్ట్రిక్ చేపలు పెద్ద అభ్యంతరంగా నిలిచాయి. ఈ చేపలలో షాక్ ఇస్తున్నది ఎలక్ట్రిసిటీయే అని వోల్టాకూడా గ్రహించకపోలేదు. వాల్ష్, హంటర్, కేవెండిష్‌ల ప్రయోగాలనుగురించి అతడూ విన్నాడు. టార్పెడో చేపల విద్యుత్ అంగాలను అతడు స్వయంగా పరిశీలించాడు. అయినాసరే, దానిని గురించి ఏమీ వ్యాఖ్యానించకుండా ఊరుకున్నాడు.

ఆఖరికి 1800 సంవత్సరంలో "కృత్రిమ విద్యుత్ అంగం" (Artificial Electric Organ) అనే పేరుతో రాయల్ సొసైటీకి ఒక పేపరు పంపించాడు వోల్టా. టార్పెడో, పిల్లిచేపల విద్యుత్ అంగాలను అనుకరిస్తూ, తుత్తునాగం, ఉప్పు నీట తడిసిన అట్ట, రాగి బిళ్లల దొంతరతో నిర్మించిన "వోల్టాయిక్ పైల్" అది. ఆ చేపల విద్యుత్ అంగం వోల్టాయిక్‌పైల్‌లోలాగే విద్యుద్వాహక పదార్థాలతోనే నిర్మింపబడి దొంతరలు దొంతరలుగా నాడులతో కలుపబడి ఉంటుంది. తనను ముట్టుకున్న జంతువును షాకుతో శిక్షించ దలుచుకున్నప్పుడు ఆ చేప తన విద్యుత్ అవయవాలను ఒక ప్రత్యేక పద్ధతిలోవంచి, డయాగ్రముల మధ్యకి తేమను ప్రవహింపజేస్తుంది.

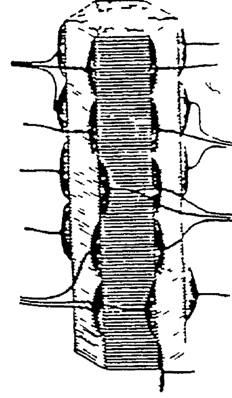
ఈ వోల్టాయిక్‌పైల్ వైజ్ఞానిక రంగాన్ని ఎంతగా ప్రభావితం చేసిందో, ఎన్నెన్ని ఆవిష్కరణలకు దారితీసిందో చూశాం.

మనకి ఇప్పుడు తెలుసు గాల్వనీ, వోల్టాలు ఇద్దరూ రైటేనని. జీవుల శరీరాలలో విద్యుత్తు తయారవుతుంది. విభిన్న తరహాలను కొన్ని రసాయన ద్రవ్యాలలోముంచి, కలిపితే విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది.

విద్యుత్తు జీవుల మెదడులో తయారై నాడులగుండా కండరాలను చేరుకుంటుందనీ, ఆ విద్యుత్తును కండరం లైడెన్ జార్‌లాగ నిలువ చేసుకుంటుందనీ ఊహించడంలో గాల్వనీ పొరబడ్డాడు. ఆ ఉద్దేశంతోనే కప్ప నాడులనూ, కండరాన్నీ రెండు లోహాలతో కలిపితే, కండరంలో నిలువ ఉన్న విద్యుత్తు డిశ్చార్జి అవుతోంది అనుకున్నాడు. అదే



వోల్టాయిక్ పైల్



ఎలక్ట్రిక్ చేపల విద్యుత్ అంగం

నిజమైతే రెండు రకాల లోహాల అవసరం ఏముందీ, ఒక్క లోహమే చాలుకదా అని ఆలోచించలేక పోయాడు.

రెండు లోహాల కలయికవల్ల ఏర్పడ్డ సంపర్క విద్యుత్పీడనం (Contact Potential) వల్ల నాడులలో విద్యుత్ పల్స్ రూపంలో ప్రయాణించేసి, కండరాన్ని ప్రభావితం చేసిందని మనకిప్పుడు తెలుసు.

రెండు విభిన్న లోహాలను వాడవలసిన అవసరాన్ని వోల్టా గ్రహించి, సంపర్క విద్యుత్ సిద్ధాంతాన్ని రూపొందించాడు. ఈవిధంగా ఏర్పడ్డ సంపర్క విద్యుత్తు కప్ప నాడులకు కేవలం "ట్రిగ్గర్" గానే పనిచేసిందనీ, నాడులూ, కండరాలూ, తమ విద్యుత్తును (Action Potential) తామే తయారుచేసుకోగలవనీ, అదే కప్ప కాలును కదిలించిందనీ వోల్టా ఎరుగడు.

నిజానికి క్షతి విద్యుత్ పీడనము, దానివల్ల ఏర్పడ్డ ఏక్షన్ కరెంటు మొదలైన విషయాలను 1840లో కార్లో మట్యూసీ ప్రయోగపూర్వకంగా ప్రదర్శించాడు *

నాడుల ద్వారా వార్తా ప్రసారం

జీవ పరిణామంలో కొన్ని జీవకణాలు ఒక చిన్న గుంపుగా ఏర్పడిన ప్రాథమిక దశలోనే,

* **Ref : "Electric Fish and the Discovery of Animal Electricity" by Chan H Wel : American Scientist Nov-Dec 1984, pp 598-607**

ఆ గుంపు తాలూకు కేంద్రంనుంచి వివిధ భాగాలకు వార్తా ప్రసారం అవసరం అయింది. ఇందుకోసం కొన్ని రసాయన పదార్థాలను (హార్మోనులను) పంపించడంతో మొదలు అయింది. ఈ హార్మోనుల ప్రత్యేకత ఏమిటంటే – ఇవి ఒక ప్రత్యేక రకం జీవకణాలనే ప్రభావితం చేస్తాయి; మిగిలినవాటిని ఏమీ చెయ్యవు. కనుక ఒక నిర్దిష్ట జీవకణాన్ని తట్టిలేపడానికి వార్తా ప్రసార సాధనంగా ఈ హార్మోనుల బట్వాడా బాగా ఉపకరించింది. వివిధ రకాల హార్మోనులను రక్తంలోకి పంపించి, మన శరీరంలోని వివిధ ప్రత్యేక భాగాలకు ఈ విధంగా ఉత్తేజనం కలిగించబడుతోంది.

కానీ, వార్తా ప్రసారానికి హార్మోనులను పంపించే పద్ధతిలో ముఖ్యమైన లోపం ఏమిటంటే ఈ ప్రక్రియ చాలా నెమ్మదిగా సాగుతుంది. ఏమంటే రక్తంలోకి పంపబడిన హార్మోనులు రక్త ప్రసరణవేగాన్ని మించి ప్రయాణం చేయలేవు కదా? మన శరీరంలో రక్తం ఒక చుట్టు తిరిగి రావడానికి సుమారుగా 20 సెకనులు పడుతుంది. ఆహారం జీర్ణం కావడం, పెరుగుదల, వివిధ రసాయన పదార్థాల బేలన్సును సాధించడంవంటి పనులకు ఈ హార్మోనుల రవాణా పద్ధతి బాగానే ఉంది.

కానీ, జీవులు వట్టి చనివిడిముద్దల్లాగ జీవనం వెళ్లబుచ్చడంతో సరిపెట్టక, పరిసరాలకు అనుగుణంగా స్పందించగలగాలంటే ఇంతకన్న వేగంగా వార్తా ప్రసారం చేయగల సాధనాలు అవసరం. ముఖ్యంగా ఆహార సంపాదనకీ, స్వ శరీర రక్షణకి ఎంత వేగంగా స్పందించి తగిన చర్య తీసుకో గలిగితే ఆ జీవి అంత విజయవంతంగా జీవనం సాగించగలుగుతుంది. ఇదిగో ఈ అవసరానికి అనుగుణంగా జీవ పరిణామంలో తయారైనదే నాడీ మండలం. నాడీ తంత్రులు టెలిగ్రాఫు తీగలవంటివి. సమాచారాన్ని నాడులు చాలా దూరానికి అతి వేగంగా మోసుకు పోతాయి. ఇందులో ద్రవ్యం కదల వలసిన పని లేదు కనుక శక్తి బహు స్వల్పంగా ఖర్చు అవుతుంది. బయటి ప్రపంచంనుంచి సమాచారాన్ని ప్రత్యేక జీవకణ సమూహాలు (లేక ఇంద్రియాలు) సేకరించి, దానిని "ఎలక్ట్రిక్ పల్సుల" రూపంలో నాడుల గుండా కండరాలకీ, గ్రంథులకీ పంపుతాయి. నిజానికి ఇంద్రియాలనుంచి వాటికి "సరాసరి సంపర్కం" (Direct Contact) అనేది చాలా అరుదు. ఈ సరాసరి సంపర్కంలో ఇబ్బందులున్నాయి. ప్రతీ ఇంద్రియాన్నీ శరీరంలోని ప్రతీ కండరానికీ, గ్రంధికీ కలపాలంటే ఈ నాడుల సంఖ్య చాలా ఎక్కువ అయిపోతుంది. ఇంతకన్న ముఖ్యమైన రెండవ ఇబ్బంది ఏమిటంటే – వివిధ ఇంద్రియాలనుంచి ఏక సమయంలో పరస్పర విరుద్ధమైన సమాచారం ఒకే కండరాన్ని చేరుకుంటే, దానికి ఏ ఆజ్ఞని పాలించాలో అర్థంకాదు. కనుక ఇంద్రియాలనుంచి వచ్చే సమాచారాన్ని గ్రహించడానికీ, పరిశీలించడానికీ, వాటిలో ముఖ్యా ముఖ్యాలను వడబోయడానికీ, ఆఖరికి ఏ కండరం లేదా ఏ గ్రంధి పనిచెయ్యాలో తేల్చడానికీ, తదనుగుణంగా ఆజ్ఞలను

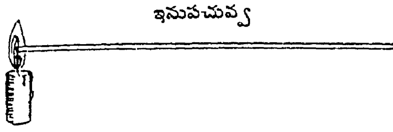
పంపించడానికీ శరీరంలోని నాడులన్నిటికీ ఒకే కేంద్రస్థానం అంటూ ఉండాలి. అదే మెదడు.

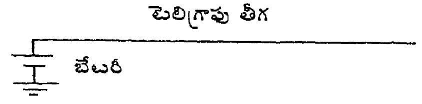
మెదడు సరియైన నిర్ణయాన్ని సకాలంలో తీసుకోగలగాలంటే, ఇంద్రియాలు సరియైన సమాచారాన్ని మెదడుకి పంపించ గలగాలి. ఇందుకోసమై అవి ప్రత్యేకంగా అభివృద్ధి చెందేయి. కొన్ని కాంతికి (కళ్లు), కొన్ని శబ్దానికి (చెవులు), కొన్ని రసాయన పదార్థాలకి (నాలుక, ముక్కు), కొన్ని ఉష్ణోగ్రతకీ, వత్తిడికీ (చర్మం) బాగా స్పందిస్తాయి.

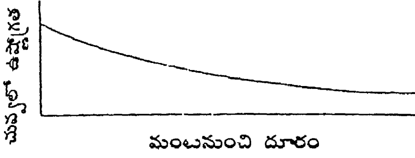
విద్యుత్ సంకేతాలు నాడులలో ప్రసరించడానికీ, టెలిగ్రాఫు తీగలలో ప్రసరించడానికీ చాలా భేదం ఉంది. దీనిని సరిగ్గా అర్థం చేసుకోడానికి వస్తువులలో వేడిమి ప్రసరించే రెండు విభిన్న పద్ధతులను ఉపమానాలుగా తీసుకోవచ్చు.

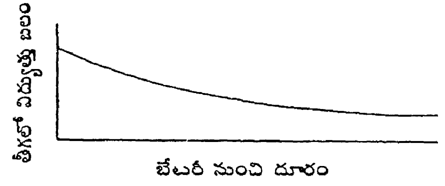
ఇనుప చువ్వ కొసను మంటమీద ఉంచితే, ఆ వేడి చువ్వగుండా ప్రవహించి రెండవ కొసకి వస్తుంది. దీనిని "వహనం" (Conduction) అంటారు. మంటలోఉన్న కొసనుంచి దూరంగా వెళ్లినకొద్దీ ఉష్ణోగ్రత అంతకంతకు తగ్గిపోతూ ఉంటుంది. మంట ఉష్ణోగ్రతను పెంచితే చువ్వ రెండవ కొస దగ్గర ఉష్ణోగ్రతకూడా పెరుగుతుంది. టెలిగ్రాఫు తీగలలో విద్యుత్తు ప్రవహించే పద్ధతి ఈ విధంగా ఉంటుంది. తీగను బేటరీకి కలుపుతారు, అప్పుడు విద్యుత్తు తీగ గుండా ప్రవహించి రెండవ కొసకు చేరుకుంటుంది. బేటరీనుంచి దూరం వెళ్లినకొద్దీ తీగలో విద్యుత్తు అంతకంతకు తగ్గిపోతూ ఉంటుంది. బేటరీల వోల్టేజిని పెంచితే తీగ రెండవకొసని విద్యుత్తు బలం పెరుగుతుంది.

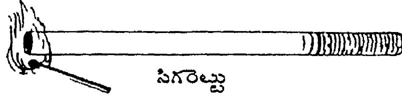
వేడి ప్రసరించే రెండవ పద్ధతి సిగరెట్టు కాలడంలో కనిపిస్తుంది. అగ్గిపుల్ల గీసి సిగరెట్టుకొసకి తగిలిస్తే అది అంటుకుని క్రమంగా కాలుతూ నిప్పు రెండవ కొసకు చేరుకుంటుంది. ఇందులో అగ్గిపుల్లమంట కేవలం "ట్రిగ్గర్" వంటిదే. అటు తరువాత పొగాకులోని రసాయనశక్తి ఉష్ణశక్తిగా మారుతూ చివరికంటా కాలుతుంది. సిగరెట్టులో నిప్పు ఎంతదూరం వెళ్లినా ఉష్ణోగ్రత తగ్గిపోకుండా స్థిరంగా ఉంటుంది. ఇల్లాగే జీవుల నాడులలో ఒక కొసను విద్యుత్ పల్స్ బయలుదేరి, బలం తగ్గిపోకుండా రెండవ కొసకి చేరుకుంటుంది. అగ్గిపుల్లమంటకన్న ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రతగల గ్యాస్ మంటను ముట్టించినప్పటికీ సిగరెట్టు తాలూకు నిప్పు ఉష్ణోగ్రత పెరగదు. సిగరెట్టు అంటుకోడానికి తగినంత వేడిని ముట్టిస్తే చాలు; అంతకన్న ఎంత ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రత ఉన్నా భేదం ఏమీ ఉండదు. అల్లాగే అల్ప ధ్వనివల్ల నాడులలో అల్ప విద్యుత్తు, అధిక ధ్వనివల్ల ఎక్కువ విద్యుత్తు పుట్టదు. అయితే ధ్వనిలో హెచ్చుతగ్గులను ఎల్లా చూపిస్తుంది? నాడులలో పుట్టే విద్యుత్ పల్స్ ఎత్తు ఒకటే అయినప్పటికీ ధ్వని పెరిగినకొద్దీ పల్సుకీ పల్సుకీ మధ్య ఎడం తగ్గుతుంది; అంటే ఫ్రీక్వెన్సీ పెరుగుతుంది.

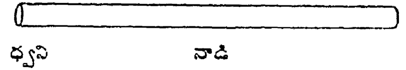


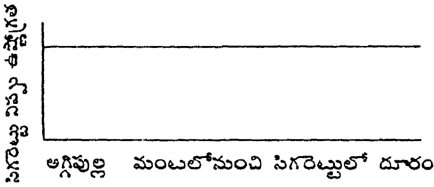


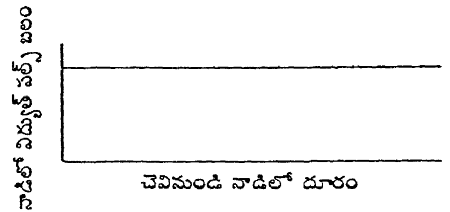


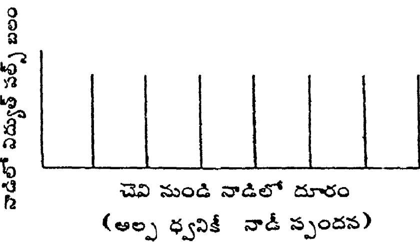


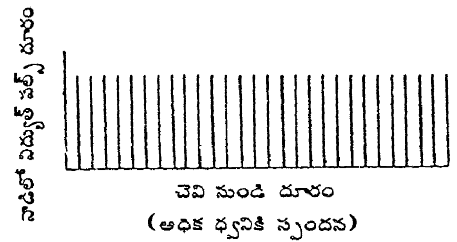












నాడులు స్పందించే పద్ధతి

నాడులలో సమాచారం ప్రవహించే వేగం

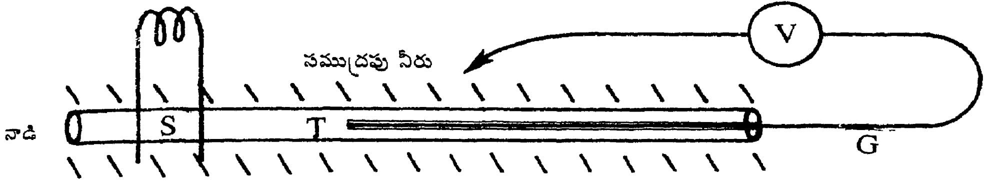
బ్రతికిఉన్న జీవి శరీరంలోపల ఉండే నాడులతో ప్రయోగాలు చేయడం సాధ్యం కాదు; ఏమంటే అవి అందుబాటులో ఉండవు. కనుక, చనిపోయిన జంతువులనుండి విడదీసిన (Dissected) నాడులతో ప్రయోగాలు చేయడంతప్ప మరో మార్గం లేదు.

అయితే శవాలనుంచి తీసిన నాడులకీ, బ్రతికిఉన్న జంతువులలోని నాడులకీ భేదం ఉండదా?

జంతువుని చటుక్కున చంపితే (ఉదాహరణకి, తల తీసెయ్యడం ద్వారా), ఆ జంతువు చనిపోయిన తరవాత కూడా దాని శరీరంలోని నాడులు ఇంకా బ్రతికే ఉంటాయి. వాటిని శరీరంలోంచి బయటికి తీసేసినప్పటికీ అవి కొన్ని గంటలవరకూ అచ్చంగా బ్రతికిఉన్న జీవిలోని నాడులలాగే. ఇంకా ఎలక్ట్రిక్ షాకుకి స్పందిస్తూనే ఉంటాయి, కనుక, చనిపోయిన జీవినుంచి జాగ్రత్తగా విడదీసిన నాడులతో చేసిన ప్రయోగాల ఫలితాలను బ్రతికిఉన్న జీవులకు ఆపాదిస్తే దోషం లేదు.

జీవ పరిణామంలో మనిషికన్న చాలా క్రింద ఉన్న జంతువుల నాడులతో చేసిన ప్రయోగాల ఫలితాలు మానవుల నాడులకు నప్పవేమో అనే సందేహానికి కూడా సమాధానం ఉంది. నిజానికి నాడీకేంద్రాల విషయంలో రకరకాల జాతుల జీవులలో భేదాలు చాలానే ఉన్నాయి కానీ, నాడులు మాత్రం సముద్రపు ఏనిమోనుల దగ్గరనుంచి పురుగులకీ, పీతలకీ, స్క్విడ్స్‌కీ, కప్పలకీ, కుక్కలకీ, మనుషులకీ, అందరికీ ఒక్కలాగే ఉన్నాయి. కనుక, ఇతర జాతి జీవుల నాడులతో చేసిన ప్రయోగాలు మనిషి నాడులకు కూడా వర్తిస్తాయి. చాలామంది కప్పనాడులతో ప్రయోగాలు చేశారు. బ్రహ్మాండమైన స్క్విడ్ (Giant Squid) నాడులు మనిషి నాడులకన్న సుమారు వందరెట్లు లావుగా (ఒక మిల్లీమీటరు వ్యాసం కలిగి) ప్రయోగాలకు అనువుగా ఉంటాయి కనుక, వాటితో చేసిన ఒక ప్రయోగాన్ని వివరంగా చూద్దాం.

నాడులు సిలిండరు ఆకారంలో గొట్టాలలాగా ఉంటాయి. వాటి గోడలు చాలా పలుచగా బహు సున్నితంగా ఉంటాయి. వాటిలోపల నీటికన్న చిక్కని ద్రవం ఉంటుంది. స్క్విడ్ శరీరంనుంచి డిసెక్టు చేసి తీసిన నాడిని సముద్రపు నీటిలో ముంచి ఉంచాలి, ఎండిపోకుండా ఉండడానికి. బహు సన్నని గాజు గొట్టంలో అంతకన్న సన్నని తీగ దూర్చి, దాని కొస కాస్త బయటికి రానిచ్చి, సీలు చేసేసి, దానిని నాడీ గొట్టంలోకి జాగ్రత్తగా – నాడీ గోడలు దెబ్బతినకుండా దూర్చాలి. ఈ తీగ రెండవ కొసను "మిల్లీ వోల్టుమీటరు" ద్వారా నాడి వెలుపలున్న సముద్రపు నీటికి కలపాలి. నాడీ గొట్టపు లోపలి–వెలుపలి భాగాల మధ్యగల వోల్టేజిని చూపిస్తుంది ఈ మీటరు.



V= వోల్టు మీటరు S= నాడిలో గుచ్చిన ఎలక్ట్రోడు G= నాడిలో దూర్చిన గాజుగొట్టం
T= గాజుగొట్టం గుండా దూర్చి సిలు చేసిన తీగ కొన

నాడి స్పందన వేగాన్ని కొలిచే సాధనం

విశ్రాంతి స్థితి (Resisting State)

ఈ స్థితిలో వోల్టుమీటరు - 1/20 వోల్టు చూపిస్తుంది. దీనిని "విశ్రాంతి వోల్టేజి" అంటారు. ఈ వోల్టేజి సిగరెట్టు పొగాకులోని రసాయనశక్తి వంటిది లేదా బేటరీ వంటిది అనుకోవచ్చు. ఈ వోల్టేజి వల్లనే నాడిలో "ఎలక్ట్రిక్ పల్స్" ఎదరకు ప్రయాణం చేస్తుంది. నాడిలోపలి ద్రవంలో పొటాసియం పాలు బయటి సముద్రపు నీటిలోకన్న 30 రెట్లు ఎక్కువ ఉంటుంది; ఈ భేదంవల్లనే విశ్రాంతి వోల్టేజి ఏర్పడింది.

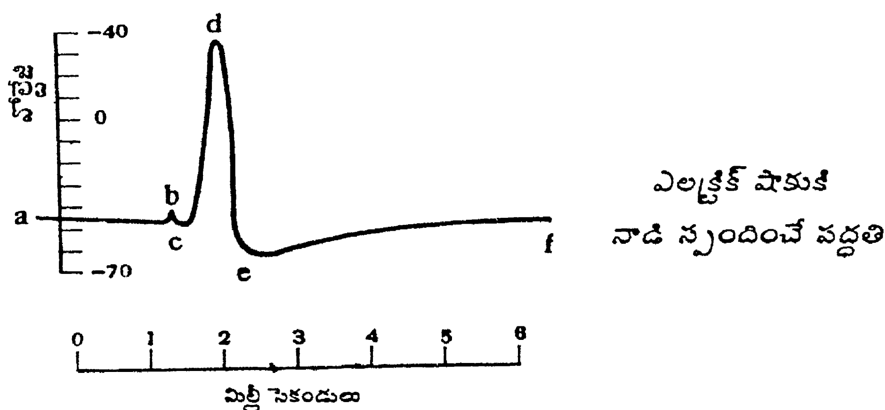
చైతన్య స్థితి (Active State)

ఇప్పుడు బొమ్మలో చూపినట్లుగా నాడిలోకి గుచ్చిన ఎలక్ట్రోడు (S) ద్వారా విద్యుత్ పల్స్ పంపి షాక్ ఇస్తే ఏమవుతుందో చూద్దాం. ఇచ్చిన షాకు "కనీస తీవ్రత" (Threshold Intensity) కన్న తక్కువగా ఉంటే నాడి స్పందించదు. షాక్ ప్రమాణాన్ని క్రమక్రమంగా పెంచుకుంటూ పోతే కనీస తీవ్రతను దాటేక నాడి స్పందించడం మొదలు పెడుతుంది. మిల్లీ వోల్టు మీటరులో ముల్లు కదులుతుంది. ఆ కదలిక ఇక్కడి బొమ్మలో చూపినట్లుంటుంది. ఇందులో x - అక్షం కాలమును మిల్లీ సెకండులతోనూ, y - అక్షం వోల్టేజిని మిల్లీ వోల్టులతోనూ సూచిస్తాయి. *

షాక్ ఇవ్వనప్పుడు, లేదా కనీస తీవ్రతకన్న తక్కువ షాకు ఇచ్చినప్పుడు వోల్టు మీటరులో సూచించే విశ్రాంతి వోల్టేజి (- 1/20V) బొమ్మలో aతో సూచించబడింది.

కనీస తీవ్రత కన్న ఎక్కువ వోల్టేజి గల షాకు ఇస్తే వోల్టు మీటరులో ముల్లు - 1/20 వోల్టు నుంచి హఠాత్తుగా + 1/20 వోల్టుకి (c నుంచి dకి) గంతు వేస్తుంది. ఆ తరువాత d నుంచి e దాకా తగ్గి, అక్కడినుంచి f దాకా నెమ్మదిగా పెరుగుతుంది. ఇది అంతా

* మిల్లీ సెకండు = సెకండులో వెయ్యవవంతు
మిల్లీ వోల్టు = వోల్టులో వెయ్యవవంతు



జరగడానికి సుమారు 5 మిల్లీ సెకండులు పడుతుంది. cdef ని "స్పందన పల్స్" (Reaction Pulse) అంటారు

బొమ్మలో స్పందన పల్స్ ఆరంభం కావడానికి ముందర b దగ్గర చిన్న "బొడిపె" వంటిది కనిపిస్తోంది. ఇది మనం ఇచ్చిన "షాక్ సమయా"నికి గుర్తు. కనీస తీవ్రతకన్న షాక్ తక్కువగా ఉంటే ఈ బొడిపె మాత్రమే కనిపిస్తుంది; స్పందన పల్స్ ఉండదు.

షాక్ ఇచ్చిన సమయానికీ, నాడి స్పందించిన సమయానికీ మధ్యగల వ్యవధి (b-d) షాక్ పల్స్ S నుంచి T దాకా ప్రయాణం చేయడానికి పట్టిన వ్యవధి సూచిస్తుంది. S-T ల మధ్యదూరం మారిస్తే తదనుగుణంగా b-d ల మధ్య వ్యవధి మారుతూ ఉంటుంది. దూరం S-T ని, వ్యవధి B-D చే భాగిస్తే షాక్ నాడి గుండా ప్రయాణం చేసే వేగం తెలుస్తుంది. ఈ వేగం సెకనుకి 20 మీటర్లు (గంటకి 72 కి.మీ.) అని తేలింది.

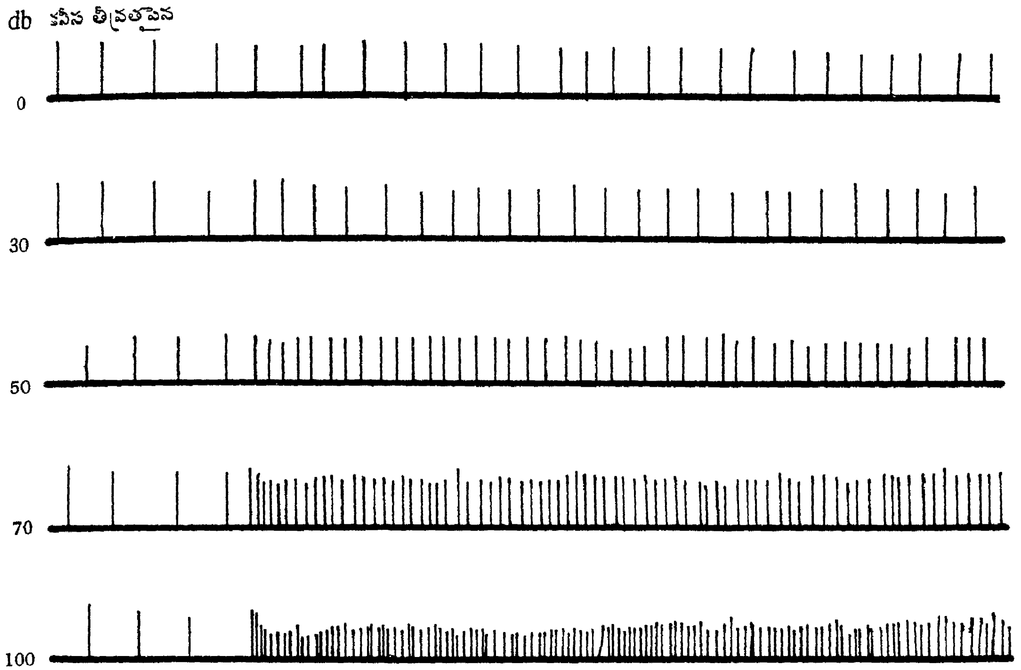
ఇచ్చిన షాక్ ఎంత పెద్దది అయినా సరే స్పందన పల్సు + 1/20 వోల్టు మాత్రమే ఉంటుంది అనీ, షాక్ పెద్దదయినకొద్దీ స్పందన పల్స్ ఫ్రీక్వెన్సీ మాత్రమే పెరుగుతుందనీ తెలుసుకున్నాం. ఈ ఫ్రీక్వెన్సీనిబట్టి షాక్ ఎంత పెద్దదో మెదడు అంచనా వేస్తుంది.**

ఉదాహరణకి చెవికి తగిలిన ధ్వని తీవ్రతకీ, నాడులద్వారా మెదడుకి చేరే స్పందన పల్స్ ఫ్రీక్వెన్సీకి గల సంబంధాన్ని ఇక్కడి బొమ్మలో చూడవచ్చు.

ఇక్కడి ధ్వని తీవ్రత "డెసిబెల్స్" లోనూ, నాడుల స్పందన పల్స్ ఫ్రీక్వెన్సీ సెకండుకి సైకిల్సులోనూ సూచింపబడ్డాయి. ధ్వని తీవ్రత హెచ్చిన కొద్దీ స్పందన పల్సుల మధ్య ఎడం తగ్గిపోవడం (లేదా ఫ్రీక్వెన్సీ హెచ్చడం) గమనించవచ్చు.

గుండె కొట్టుకుంటూ ఉంటే దాని ప్రతి కదలికలోనూ విద్యుత్తు పల్స్ రూపంలో

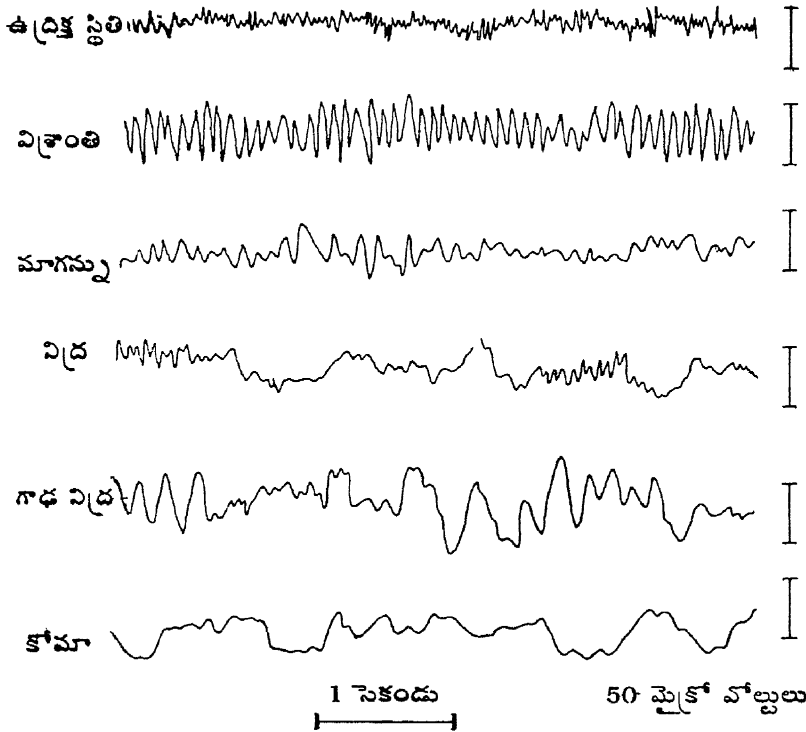
** తదనుగుణంగా మెదడు ఆజ్ఞలను మళ్లీ ఎలక్ట్రిక్ పల్సుల రూపంలో అవసరమైన కండరానికి పంపిస్తుంది ఆ ఆజ్ఞను అందుకున్న కండరం దానిని సుగ్రీవాజ్ఞగా పాటించి కదులు తుంది.



ధ్వని తీవ్రతకీ – నాడుల స్పందన పల్స్ ఫ్రీక్వెన్సీకీ గల సంబంధం

డిశ్చార్జి అవుతూనే ఉంటుంది. దీనిని సున్నితమైన ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలు రికార్డు చేయగలుగుతున్నాయి. దీనినే E C.G (ఎలక్ట్రో కార్డియో గ్రాఫ్) అంటారు. E.C G.ని పరిశీలించి కొట్టుకుంటున్న గుండె ఆరోగ్యంగా ఉన్నదీ లేనిదీ నిపుణులైన వైద్యులు తెలుసుకుంటారు.

అలాగే మెదడులోపుట్టే ఎలక్ట్రిక్ పల్సులను కూడా రికార్డు చేయవచ్చు. దీనిని E E G (ఎలక్ట్రో ఎన్సెఫైలో గ్రాఫు) అంటారు. మనిషి ఉద్రిక్త స్థితిలో ఉన్నప్పుడు, విశ్రాంతిగా ఉన్నప్పుడూ, మాగన్నుగా (Drowsey) ఉన్నప్పుడు, నిద్ర పోతున్నప్పుడు, గాఢ నిద్రలో ఉన్నప్పుడు, కోమాలో ఉన్నప్పుడు "మస్తిష్క తరంగాలు" ఏ విధంగా ఉంటాయో ఇక్కడి బొమ్మలో చూపించాను.



ఉద్రిక్త స్థితి నుండి కోమా వరకు వివిధ అవస్థలలో మస్తిష్క తరంగాలు.

ఈవిధంగా జంతు వృక్ష జాతి సమస్త జీవరాశులలోనూ విద్యుత్తు తయారవుతోంది. విద్యుత్తు ద్వారానే వాటిలో చైతన్యం అనేది ఏర్పడుతోంది.

ఎలక్ట్రిక్ షాక్

ఎలక్ట్రీషియన్లు విద్యుత్తు ఉన్న బోడి తీగను చటుక్కున వేలితో ముట్టుకుని, తగిలిన షాకు తీవ్రతనుబట్టి దాని వోల్టేజి సుమారుగా ఇంత అని చెప్పగలుగుతారు.

ఇంతకీ షాకు తగలడం అంటే ఏమిటి?

మన శరీరంలో చాలా భాగం నీరే. అది ఉప్పు, ఇతర లవణాలూ కలిసిన నీరు. కనుక ఆ నీరు మంచి విద్యుద్వాహకం అయి ఉంటుంది. ఒక్క పొడి చర్మం మాత్రమే విద్యుత్తును నిరోధిస్తుంది. ఉప్పునీట తడిసిన దూది వంటి వస్తువు చర్మం మీద పెడితేగానీ లేదాహెచ్చు వోల్టేజివల్ల చర్మం "పంక్చరు" అయితేగానీ విద్యుత్తు శరీరంలోపలి

ద్రవంగుండా ప్రవహిస్తుంది. విద్యుద్విశ్లేషణం వల్ల ఆ ద్రవంలో బుడగలు ఏర్పడతాయి. హెచ్చు విద్యుత్ప్రవాహంవల్ల నాడులు – ముఖ్యంగా నాడుల కొసలు దెబ్బతింటాయి. కండరాలు హఠాత్తుగా ముడుచుకుంటాయి. గుండె కొట్టుకోవడం మానేస్తుంది.

దీనినంతనూ కలిపి మనం షాకు అంటాం.

AC షాకు కన్న DC. షాకు ఎక్కువ ప్రమాదకరం. ఏమంటే, AC లో విద్యుత్ప్రవాహదిశ సెకనుకి 50 సార్లు ముందు వెనుకలకు మారుతూ ఉంటుంది కనుక – కరెంటు ముందుకి వెళ్లినప్పటి ఫలితమూ, వెనుకకు వెళ్లినప్పటి ఫలితమూ కొంతవరకూ కొట్టుకుపోయే అవకాశం ఉంది. DC కరెంటు కొద్ది మిల్లీ ఏంపియర్లు ఉన్నప్పటికీ ప్రమాదిస్తుంది.

సాధారణంగా స్నానాల గదిలో తగిలిన ఎలక్ట్రిక్ షాకు తీవ్ర ప్రమాదాలకు దారి తీస్తుంది. ఏమంటే, కాళ్లు తడిగా ఉండి, చర్మపు రెజిస్టెన్సు తగ్గి, హెచ్చు కరెంటు శరీరంలోనుంచి నేలలోకి ప్రవహిస్తుంది. కనుక అక్కడ ప్రత్యేక శ్రద్ధ అవసరం.

స్వల్పమైన మోతాదులలో ఇచ్చిన ఎలక్ట్రిక్ షాకులవల్ల మానసిక వ్యాధులు నయం అవుతాయి.

....

10 ఎక్కడ చూసినా విద్యుత్తే

ఏంటోయిన్ హెన్రీ బెక్వెరల్ (1952–1908)

ఆకాశం మబ్బు పట్టి ముస్తాబుగా ఉంది. ఉండి ఉండి వాన పడుతోంది. అప్పుడే వారం రోజులుగా ఎండపొడే కనిపించకుండా ఉంది. పావుగంటకోసారి సూర్యుడు కనిపిస్తాడేమోనని కిటికీలోంచి తల బయటపెట్టి చూడడమూ, ముఖం చిట్లించి మళ్లీ పుస్తకంలో తల దూర్చడమూ – ఇల్లా నడుస్తోంది. ఆఖరికి విసుగెత్తి చేతిలోని పొట్లాన్ని బల్లమీద పడేశాడు నిర్లక్ష్యంగా. మళ్లీ చదువులో మునిగిపోయాడు గడ్డం నిమురు కుంటూనూ. కొంతసేపటికి తల ఎత్తి చూడగా తాను విసిరిన పొట్లం వెళ్లి బల్లమీద ఉన్న ఫొటోగ్రాఫిక్ ప్లేటుమీద పడి ఉంది. తన పొరబాటు గ్రహించి, నాలిక్కరుచుకుని, లేచి బల్ల దగ్గరకు ఒక్క గంతు వేసి, ఆ పొట్లాన్ని అక్కడినుంచి తీసెయ్యడానికి చెయ్యి సాచేడు. మళ్లీ ఏమనుకున్నాడో చెయ్యి వెనక్కి తీసుకుని, గడ్డంలో వేళ్లు దూర్చుకుని దువ్వుకుంటూ ఆలోచనలో పడిపోయాడు.

అతని పేరు ఏంటోయిన్ హెన్రీ బెక్వెరల్. అతడి తాత సీజర్ బెక్వెరల్, తండ్రి ఎడ్మండ్ బెక్వెరల్ – ఇద్దరూ కూడా ఇతడిలాగే పారిస్‌లోని "నాచురల్ హిస్టరీ మ్యూజియం" లో ఫిజిక్సు ప్రొఫెసర్లుగా పనిచేసినవాళ్లు. ప్రస్తుతం హెన్రీ "ఫాస్ఫొరిసెన్స్" మీద పరిశోధన చేస్తున్నాడు. కొంచెంసేపు ఎండలో పెట్టి మళ్లీ చీకటి గదిలోకి తీసుకువెళ్లిన గడియారపు ముళ్లు కొంతసేపటివరకూ మెరుస్తూ ఉంటాయి చూశారు కదూ? అతి నీల లోహిత కాంతి (అ.నీ. కాంతి) పడితే కొన్ని రకాల లవణాలు ఆ కాంతిని తీసేసిన కొంతసేపటి వరకూ మెరుస్తూనే ఉంటాయి. ఈ లక్షణాన్ని "ఫాస్ఫొరిసెన్స్" అంటారు.*

---

*మరికొన్ని రకాల లవణాలు తమమీద అతినీలలోహిత కాంతి పడుతున్నంతసేపూ చీకట్లో మెరుస్తూ ఉండి, ఈ అ.నీ. కాంతిని తీసెయ్యగానే చటుక్కున మెరవడం మానేస్తాయి ఈ లక్షణాన్ని "ఫ్లోరసెన్స్" అంటారు

యురేనియం లవణాలకు ఫాస్ఫొరెసెన్స్ లక్షణం ఉంది అని అతడికి తెలుసు. అ.సీ. కాంతిని తీసివేసిన ఎంతోసేపటి వరకూ ఈ లవణాలు వెలుగుతూ ఉండగలవో ఆ వ్యవధిని కొలవడానికి "ఫాస్ఫొరోస్కోప్" అనే సాధనాన్ని కొంతకాలం క్రిందట కనిపెట్టేడు బెక్వెరల్.

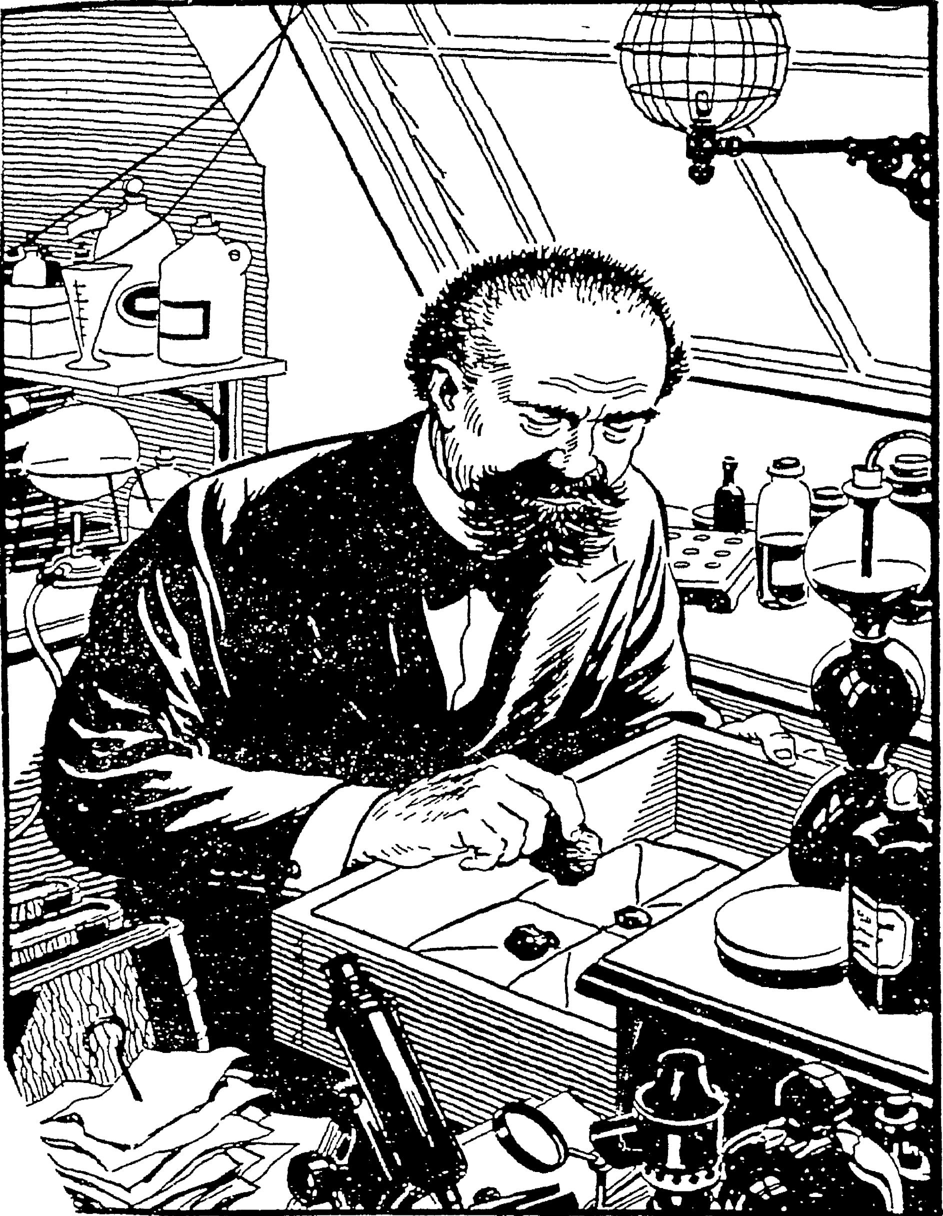
ఇటీవల జర్మనీలో రాంట్‌జన్ అనే శాస్త్రజ్ఞుడు డిశ్చార్జి ట్యూబు గోడల నుంచి వెలువడే ఫాస్ఫొరెసెంట్ కాంతికి – నల్లకాగితంలోనుంచీ, పుస్తకాలలోంచీ, రబ్బరులోంచీ, ఇంకా అనేక వస్తువులలోంచి సుళువుగా దూరి ఫొటోగ్రఫిక్ ప్లేటును నలుపు చేసే విచిత్ర లక్షణం ఉన్నట్లు కనిపెట్టేడు. ఫాస్ఫొరెసెంట్ ద్రవ్యాలన్నీ ఇటువంటి X-కిరణాలను విరజిమ్ముతాయేమో చూద్దామనుకున్నాడు బెక్వెరల్ – సూర్యకాంతి పడితే మెరిసే ఫాస్ఫొరెసెంటు లక్షణానికీ, X-కిరణాలకీ ఏదో బాదరాయణ సంబంధం ఉంది అని అతడికి ఒక ఊహ స్ఫురించింది. అది నిజమో కాదో తేల్చుకోవాలనుకున్నాడు.

ఇందుకోసం అతడు చేసినదేమిటంటే, రకరకాల ఫాస్ఫొరెసెంటు లవణాలను కొంతసేపు ఎండలో ఉంచి, తరవాత వాటిని నల్లకాగితం చుట్టిన ఫొటోగ్రఫిక్‌ప్లేటులమీద పెట్టి, కొంతసేపు ఉంచి, ఆ ఫొటోగ్రఫిక్‌ప్లేట్లను డెవలప్ చేసి చూడడం. ప్లేటు నల్లబడి ఉంటే ఆ ఫాస్ఫొరెసెంటు లవణం X-కిరణాలను చిమ్ముతోందని నిర్ధారణ చేద్దామని అతడి ఉద్దేశం.

వందలకొద్దీ ఫాస్ఫొరెసెంటు లవణాలను ఈ విధంగా చేసిచూడగా, ఒక్క యురేనియం లవణాలకు మాత్రమే ఫొటోగ్రఫిక్ ప్లేటును నల్లబరిచే సామర్థ్యం ఉందని అతడు తెలుసుకున్నాడు.

యురేనియం అనేది కారు చవక లోహం. ఆ కాలంలో తయారుచేసిన సైన్సు నిఘంటువులో "యురేనియం చాలా బరువైన, ఎందుకూ పనికిరాని లోహం" అని వర్ణింపబడింది. అటువంటి పనికిమాలిన లోహం ఉన్నట్లుండి చాలా విలువైన దినుసుకాబోతోందనీ, యావత్ ప్రపంచపు దృష్టి దానిమీద పడబోతోందనీ అప్పట్లో బెక్వెరల్ కలలోకూడా ఊహించలేదు.

ఎంతో విద్యుచ్ఛక్తి ఖర్చుపెడితేకాని తయారవని X-కిరణాలను యురేనియం లవణాలు కారుచవుకగా సృష్టిస్తున్నాయన్న తప్పుడు ఆలోచనలోపడి బెక్వెరల్ ఈ ప్రయోగాలు కొనసాగిస్తున్నాడు. ఆ లవణాలను ఎండలో కాస్సేపు ఉంచడం తప్ప ఇంకేమీ చెయ్యనక్కరలేదు. కానీ, వారం రోజులుగా ఆ ఎండ కరువైపోయింది. సూర్యరశ్మి లేకపోవడంతో ఆ ప్రయోగాలను కొనసాగించడానికి అవకాశంలేక చికాకుగా ఉండి, ఎండలో పెట్టని యురేనియం లవణంకల పొట్లాన్ని బల్లమీదికి విసరగా, అది నల్ల



యురేనియం లవణాలకు రేడియో ధార్మిక లక్షణం ఉన్నదని కనిపెట్టిన
హెన్రీ బెకెరల్

కాగితం చుట్టి సిద్ధంగా ఉంచిన ఫొటోగ్రాఫిక్ ప్లేటుమీద అనుకోకుండా పడింది. సూర్య కిరణాలు తగలకపోతే యురేనియం లవణం మెరవదని అతడికి తెలుసు; మెరవని లవణం ఫొటోగ్రాఫిక్‌ప్లేటును నల్లగా చెయ్యలేదనికూడా అతడికి తెలుసు. అయినాసరే ఏమవుతుందో చూద్దామని ఆ ప్లేటును డెవలప్ చేసి చూశాడు. ఆ ప్లేటుమీద లవణాలు ఆనుకున్నచోట నల్లబారి ఉండడం గమనించి బెక్వెరల్ ఆశ్చర్యపోయాడు. ముందుగానే ఆ ప్లేటు పాడై ఉందేమో అని అనుమానించాడు.

వెంటనే రకరకాల యురేనియం లవణాలు తీసుకుని, ఎండలో పెట్టకుండా తిన్నగా నల్ల కాగితం చుట్టిన ఫొటోగ్రాఫిక్ ప్లేటులమీద పెట్టి, వాటిని డెవలప్‌చేసి చూశాడు. అన్ని ప్లేటులూ నల్లబడిఉన్నాయి! అంటే అర్థం ఏమిటీ? నల్లకాగితం లోంచి దూరి వెళ్లగల కిరణాలను యురేనియం ధాతువు విడుదల చేయడానికి సూర్యరశ్మి సాయం అక్కరలేదు అన్నమాట! అంటే ఈ కిరణాలను యురేనియం ధాతువు ఎల్లప్పుడూ విడుదల చేస్తూనే ఉంటుంది అన్నమాట!

యురేనియం లవణాలకీ ఫొటోగ్రాఫిక్ ప్లేటుకీ మధ్య పుస్తకాలు, కర్ర, రబ్బరు వంటి వస్తువులు పెట్టిచూశాడు. X-కిరణాలలాగే "యురేనియం కిరణాలు" (వీటిని తరవాత ఇతరులు "బెక్వెరల్ కిరణాలు" అన్నారు) కూడా ఆ వస్తువులగుండా నిరాఘాటంగా దూరిపోయి, ఫొటోగ్రాఫిక్ ప్లేటును నల్లబరుస్తున్నాయి. ఆఖరికి ఈ కిరణాలు లోహపు పలకల్లోంచి కూడా దూరిపోతున్నాయి. అంటే ఇవి X-కిరణాలకన్న తీవ్రమైనవి అన్నమాట.

బంగారు రేకుల ఎలక్ట్రోస్కోపును ఛార్జి చేస్తే దాని రేకులు రెండింటిమీదా ఒకే జాతి విద్యుత్తు చేరుకోవడంచేత ఆ రేకులు దూరంగా విడిపోతాయి. గాలి మామూలుగా విద్యుద్వాహంకాదు కనుక ఆ రేకులమీద ఒకసారి చేసిన ఛార్జి చాలాసేపు తగ్గిపోకుండా ఉంటుంది, అంటే రేకులు విడిపోయే ఉంటాయి చాలాసేపు. ఇప్పుడు యురేనియం లవణాన్ని ఆ రేకుల దగ్గరకు తెచ్చేడు బెక్వెరల్. తెరుచుకుని ఉన్న రేకులు దగ్గరగా చేరుకున్నాయి! అంటే యురేనియం కిరణాలకు గాలిని విద్యుద్వాహకంగా మార్చే శక్తి ఉంది అన్నమాట; కనుకనే రేకులమీది ఛార్జి విద్యుద్వాహకంగా మారిన గాలిగుండా జారిపోయింది.

తన పరిశోధన ఫలితాలను 1896 ఫిబ్రవరిలో పారిస్ అకాడమీ ఆఫ్ సైన్సెస్‌లో ప్రకటించాడు బెక్వెరల్. ఈ ఆవిష్కరణ వైజ్ఞానిక ప్రపంచంలో అపారమైన సంచలనం కలిగించింది. ఏ రకమైన శక్తినీ వెచ్చించకుండానే యురేనియం లవణాలు ఇంత శక్తిమంతమైన కిరణాలను ఎలా విడుదల చేస్తున్నాయో అర్థంకాక శాస్త్రజ్ఞులు విస్తుపోయారు. ఇది అనేక నూతన ఆవిష్కరణలకు దారి తీసింది.

పులిమీద పుట్ర

పారిస్ శివారుల్లో చివికిపోయిన రేకులషెడ్డులో గాడిపొయ్యిమీద గంగాళాలలో ఏదో విచిత్రమైన వస్తువు ఉడుకుతోంది. బుడగలు పగిలి, తుస్సుమని ఆవిరి బయటికి పోతోంది. ఘాటు వాసనతో కూడిన ఆవిరి గాడి పొయ్యిలోని పొగతో కలిసి సుళ్లు తిరుగుతోంది. అలిసిపోయిన ఒక ఆడమనిషి పెద్ద గరిటతో ఆ వస్తువుని కలియ తిప్పుతోంది. ఆరిపోబోతున్న మంటలో అప్పుడప్పుడు బొగ్గులు వేసి విసురుతోంది. ఒక్కసారిగా భగ్గుమన్న మంట వెలుగులో ఆమె పడుచు అనీ, ముఖం తెలివిగానూ సంతోషంగానూ ఉంది అనీ తెలుస్తోంది.

గంగాళాలలోని పదార్థాన్ని కలియదిప్పి, ఊగిసలాడుతున్న పాత కుర్చీలో ఆమె చతికిలబడింది అలిసిపోయి. అంతలో తుస్సుమని బుడగలు పగిలిన సవ్వడికి లేచి తిప్పడానికి గరిట అందుకుంది.

ఈవిధంగా ఆమె ప్రతిరోజూ తెల్లవారు ఝామునుంచి రాత్రి వరకూ నెలల తరబడి ఆ విచిత్ర వస్తువును మరగబెడుతూ, మళ్లీ అందులో మరేదో వస్తువును చేరుస్తూ, మళ్లీ మరిగిస్తూ, గంగాళాలలో ఏమి జరుగుతోందోనని కళ్లు చికిలించిచూస్తూ, ఆఖరికి అడుగున మిగిలిన మడ్డిని బహుశ్రద్ధగా తీసి, జాగ్రత్త పెడుతూ వస్తోంది.

"మేరీ!" అన్న మగగొంతు వినిపించింది. "చాలా పొద్దుపోయింది, ఇంటికి పోదామా?"

"ఇంకాస్త సేపు మరిగిస్తే మడ్డి దిగిపోతుంది. ఇది పూర్తికాగానే బయలుదేరుదాం డార్లింగ్" అంది ఆమె.

"బాగా అలిసిపోయావు, ఈ వేళకి చాలిస్తే మంచిదేమో?"

"ఇదిగో అయిపోవచ్చింది"

"సరే, ఈలోగా రేపటికోసం మరో శాంపిల్ తయారు చేస్తాను"

"సరే డార్లింగ్! మరీ ఎక్కువ మొదలుపెట్టకు. మరో పావుగంటలో నాది అయిపోతుంది".

వారిద్దరూ తప్ప మరెవ్వరూ లేని ఆ పాడుపడ్డ షెడ్డులో, ఒక మూల తడకల గదిలో ఫ్లాస్కులూ, బీకర్లూ, సీసాలూ, ట్యూబులూ, సున్నితమైన తరాజు, పీజో ఎలక్ట్రిక్ స్ఫటికపు ఎలక్ట్రోస్కోపు వగైరాలున్నాయి. బహు సున్నితమైన ఆ ఎలక్ట్రోస్కోపుని అతడే తయారుచేశాడు; అందుకని దానిని "క్యూరీ ఎలక్ట్రో స్కోపు" అని వ్యవహరిస్తూ ఉంటారు. తేమగా, చల్లగా ఉన్న ఆపాడుపడ్డ షెడ్డులో అంత సున్నితమైన పనిముట్లు

ఉండడం వింతగా ఉంది. ఎప్పటికైనా తమకు అన్ని హంగులూ ఉన్న లేబరేటరీ దొరకకపోదు లెమ్మనే ఆశతో ఉన్నారు ఆ దంపతులు.

మేరీ ఉడకబెడుతున్న ద్రవ్యంనుంచి విషవాయువులు వెలువడుతాయి కనుక ఆమె పైకప్పులేని ఆరుబయట పనిచేస్తోంది. అతడు తడకల గదిలో సున్నితమైన పనిముట్లతో కొలతలు తీసుకుంటున్నాడు. వాళ్లిద్దరూ చేస్తున్న వైజ్ఞానిక పరిశోధన ఫలితాల కోసం ప్రపంచంఅంతా వెయ్యి కళ్లతో ఎదురు చూస్తుంటే, ఆ పరిశోధన కొనసాగించటానికి ఒక్క యూనివర్సిటీ అయినా వారికి సరియైన లేబరేటరీ సదుపాయాలు ఏర్పాటు చేయలేకపోయిందా? తమరిద్దరికీ బిరుదులూ, పతకాలూ అక్కరలేదు కానీ, లేబరేటరీ మాత్రం అత్యవసరం.

ఎందుకంటే – యురేనియంకన్న ఎన్నోరెట్లు తీవ్రమైన బెక్వెరల్ కిరణాలను విడిచిపెట్టే మూలధాతువులున్నాయని వారిద్దరూ లోకానికి రుజువు చెయ్యాలనే పట్టుదలతో ఉన్నారు. నిజానికి ఆ మూల ధాతువులను కనుగొన్నది మేరీ క్యూరీ; ఈ బృహత్ కార్యక్రమంలో ఆమెకు తోడుపడ్డాడు ఆమె భర్త ప్రొఫెసర్ పీరీ క్యూరీ.

కొత్త మూలపదార్థం ఏది కనిపెట్టినా వైజ్ఞానికంగా అది గొప్ప విషయమే. ఏమంటే మూల ధాతువుల సంఖ్య పరిమితంగానే ఉంది. అప్పటికి సుమారు 80 మూల ధాతువులు శాస్త్రజ్ఞులకు తెలుసు. కానీ క్యూరీ దంపతులు కనుగొన దలచిన మూల పదార్థాల తరహాయే వేరు. ఇవి నిరంతరమూ బెక్వెరల్ కిరణాలను విరజిమ్ముతూనే ఉంటాయి. ఈ కిరణాలు X-కిరణాలకన్న తీవ్రంగా వస్తువులలోనుంచి దూసుకుపోగల సామర్థ్యంకలవి. ఫ్లోరసెంటు పదార్థాలు ఈ కిరణాల తాకిడివల్ల ప్రకాశవంతంగా మెరుస్తాయి. అంతే కాదు, ఇవి స్వయంగా చీకట్లో వెలుగుతాయి.

అపురూపమైన ఈ మూలపదార్థాలున్నచోట గాలి గానీ, ఇతర వాయువులు గానీ విద్యుద్వాహకాలుగా మారిపోతాయి. ఈ విచిత్ర ధాతువులకీ, విద్యుత్తుకీ ఏదో సంబంధం ఉంది. సరాసరి ఈ ధాతువులనుంచే విద్యుత్తు వెలువడుతుంది! ఈ లక్షణాలన్నీ ఉపయోగించే వీటిని కనుగొన్నారు. పీరీ క్యూరీ ఎలక్ట్రోస్కోపును ఉపయోగించినది ఈ కారణంచేతనే.

విద్యుత్తును విడిచి పెట్టడమూ, తన శక్తితో తానే వేడెక్కడమూ, చీకట్లో మెరవడమూ, పదార్థాలలోనుంచి చొచ్చుకుపోగల కిరణాలను ప్రసరింపజేయడమూ వంటి అసాధారణ లక్షణాలుగల ద్రవ్యాన్ని కనిపెట్టడం – కేవలం మరో మూల పదార్థాన్ని కనిపెట్టడంకన్న చాలా గొప్ప విషయం అని చెప్పాలి. సైన్సులో ఇది ఒక కొత్త సిద్ధాంత ఆవిష్కరణం.

మేరీ స్క్లదోవ్‌స్కా క్యూరీ (1867–1934)

పీరీ క్యూరీ (1850–1906)

మేరీ పోలండులో వార్సాలో పుట్టింది. ఫిజిక్సులోనూ, గణితంలోనూ, డిగ్రీలు తీసుకుని, రీసెర్చి చెయ్యడానికి పారిస్ యూనివర్సిటీకి వెళ్లింది. అక్కడ అప్పటికే ప్రొఫెసరుగా పనిచేస్తున్న పీరీ క్యూరీతో పరిచయం అయింది. వారిద్దరూ 1895లో పెళ్లి చేసుకున్నారు. ఇద్దరూ కలిసి అయస్కాంత ధర్మాలమీద పనిచేస్తూ ఉండేవారు. అంతలో యురేనియం లవణాలనుంచి వెలువడుతున్న విచిత్ర కిరణాలను హెన్రీ బెక్వెరల్ కనిపెట్టిన సంగతి విని, వెంటనే దానిమీద పరిశోధన చేయడానికి పూనుకున్నారు. ఒక్క యురేనియం మాత్రమేకాక ఇటువంటి లక్షణం కలిగిన ఇతర ధాతువులు ఇంకా ఏమేమి ఉన్నాయో తెలిసికోవాలనుకున్నారు. ఈ లక్షణానికి "రేడియో ధార్మికత్వం" (Radio Activity) అని పేరు పెట్టేరు క్యూరీలు.



పీరీ క్యూరీ
(1859 – 1906)



మేరీ క్యూరీ
(1867 – 1934)

ఏ వస్తువునుంచి అయినా బెక్వెరల్ కిరణాలు వస్తున్నాయో లేదో తెలుసుకోడానికి నల్లకాగితం చుట్టిన ఫొటోగ్రాఫిక్ ప్లేటును అధికంగా ఉపయోగించాడు బెక్వెరల్. ఇంతకన్న సులభమైన పద్ధతి ఎలక్ట్రోస్కోపును ఉపయోగించడం. ఇందుకోసం చాలా

సున్నితమైన ఎలక్ట్రోస్కోపును తయారు చేశాడు ప్రొఫెసర్ క్యూరీ. అజ్ఞాత వస్తువు దేనినైనా ఛార్జి చేసిన ఎలక్ట్రోస్కోపుకి దగ్గరికి తెస్తే విడిపోయిన బంగారు రేకులు దగ్గరగావస్తే అది రేడియో ధార్మిక వస్తువు అని తెలుస్తుంది. ఆ రేకులు దగ్గరగా వచ్చే వేగం రేడియో ధార్మిక తీవ్రతను తెలియజేస్తుంది.

ఈవిధంగా వేలకొద్దీ వస్తువులను పరిశీలించగా ఇటువంటి రేడియో ధర్మం కలిగిన వస్తువు మరొక్కటి మాత్రమే కనిపించింది. అది థోరియం.

తరవాత యురేనియం – థోరియం ధాతువుల ముడి ఖనిజం (పిచ్ బ్లెండ్) తెప్పించి, దాని రేడియో ధార్మిక తీవ్రతను కొలిచి చూడగా అందులో ఉన్న మొత్తం యురేనియం, థోరియం ధాతువులకు కలిపి ఉండవలసిన రేడియో ధార్మిక తీవ్రతకు 4రెట్లు అధిక తీవ్రత ఉన్నట్లుగా తెలిసింది! అంటే ఏమిటి అర్థం? యురేనియం, థోరియములకన్న అధిక రేడియో ధార్మిక తీవ్రతగల అజ్ఞాత ధాతువు ఏదో ఆ ముడి ఖనిజంలో కలిసిపోయి ఉండి ఉండాలని మేడం క్యూరీ సరిగ్గా ఊహించింది. పిచ్ బ్లెండులో కలగాపులగంగా కలిసిపోయిన లవణాలను రసాయన విశ్లేషణచేసి, ప్రతివస్తువునూ ఎలక్ట్రోస్కోపు పరీక్షకు గురిచెయ్యాలని నిర్ణయించుకుంది. తాను వెతుకుతున్న ధాతువులు అల్పాల్ప ప్రమాణంలో ఉండి ఉంటాయి కనుక ఒక టన్ను పిచ్ బ్లెండు తెప్పించి విశ్లేషణ మొదలు పెట్టింది. ఆ ప్రయత్నంలోనే రేకుల షెడ్డులో గంగాళాలలో కరిగించడమూ, మరిగించడమూ చూశాం. కొద్ది వారాలలో పూర్తి చెయ్యగలనన్న ధీమాతో మొదలుపెట్టిన ఆ పని అనేక సంవత్సరాలు పట్టింది. రేడియో ధార్మికత లేని వస్తువులను ఏరి పారవేస్తూ ఉంటే మిగిలిన మడ్డి తాలూకు రేడియో ధార్మిక తీవ్రత అంచెలు అంచెలుగా పెరిగి పోసాగింది. అంటే అందులో రేడియో ధర్మంగల కొత్త మూల పదార్థపు శాతం పెరుగుతోంది అన్నమాట.

ఈ విడతీతలో "బిస్మత్"ను పోలిన కొత్త రేడియో ధార్మిక మూల పదార్థం ఒకటి బయట పడింది. కొత్త మూల పదార్థాన్ని కనిపెట్టిన వ్యక్తికి తన ఇష్టం వచ్చిన పేరు ఆ ధాతువుకి పెట్టుకునేహక్కు ఉంటుంది. కనుక దానికి తాను పుట్టిన పోలండు దేశపు జ్ఞాపకార్థంగా "పొలోనియం" అని పేరు పెట్టింది మేడం క్యూరీ.

మేడం క్యూరీ ఒక్క రేడియో ధార్మిక ధాతువు కోసం వెతుకులాడుతూ ఉంటే, అటువంటివి రెండు ధాతువులు దొరికేయి. మొదటిది పొలోనియం; యురేయం కన్న అనేక లక్షల రెట్లు ఎక్కువ రేడియేషన్ తీవ్రతగల ధాతువు కావడంచేత రెండవ ధాతువుకి "రేడియం" అనిపేరు పెట్టింది.

టన్ను బరువుగల పిచ్ బ్లెండ్‌లో రేడియం గ్రాములో వందవవంతు మాత్రమే

ఉంది. దీని పరమాణుభారం 226. నిజానికి రేడియం క్లోరైడు రూపంలో 1902లో వేరు చేయగలిగింది.

రేడియో ధార్మికత్వం కనిపెట్టిన హెన్రీ బెక్వెరల్‌కీ, దానిమీద విశేషంగా కృషి చేసినందుకు పీరీ క్యూరీకీ, మేరీ క్యూరీకీ – ముగ్గురికీ కలిపి 1903లో ఫిజిక్సులో నోబెల్ బహుమానం ఇచ్చారు.

1906లో రోడ్డు ప్రమాదంలో పీరీ క్యూరీ మరణించాక, మేడం క్యూరీ ఒంటరిగానే కృషి చేసి, 1910లో పరిశుద్ధమైన రేడియం ధాతువును విడదీసింది. ఈ కారణంచేత 1911లో కెమిస్ట్రీలో మేరీ క్యూరీకి రెండవసారి నోబెల్ బహుమానం ఇచ్చారు. ఇంతవరకూ రెండుసార్లు నోబెల్ బహుమానం గ్రహించిన వ్యక్తి ఒక్క మేడం క్యూరీయే.

ఆ తరువాత పిచ్ బ్లెండ్‌నుంచి ఏక్టీనియం అనే మరో రేడియో ధార్మిక మూల పదార్థాన్ని డెబీర్నే అనే శాస్త్రజ్ఞుడు కనుగొన్నాడు.

రేడియం నుంచి వెలువడే బహుశక్తిమంతమైన కిరణాలను కేన్సర్ రోగ నివారణకు ఉపయోగించవచ్చునని తెలుసుకున్నారు.

రేడియంవల్ల మరో ముఖ్యమైన ఉపయోగం ఉంది. కంటికి కనిపించని పరమాణువు ఏవిధంగా నిర్మింపబడిందో తెలుసుకోవడంలో రేడియం కిరణాల పాత్ర అంతా ఇంతా కాదు. ఆ పరమాణు నిర్మాణ రహస్యానికీ, మన విద్యుత్ కథకీ బోలెడంత సంబంధం ఉంది.

ఎర్నెస్ట్ రూథర్‌ఫర్డ్ (1871–1937)

1895 సెప్టెంబరులో జంబోరా గొంతు గల లావుపాటి యువకుడొకడు న్యూజిలండునుంచి ఇంగ్లండు వచ్చాడు, కేవెండిష్ లేబరేటరీలో ఫిజిక్సులో రీసెర్చి చేయడానికి. వాలకం చూడగా పల్లెటూరి రైతు కుటుంబంలోంచి వచ్చినట్లుగా కనిపిస్తున్న ఇతడు ప్రపంచ విఖ్యాతమైన కేంబ్రిడ్జి యూనివర్సిటీలో రీసెర్చి చెయ్యడానికి వచ్చాడంటే నమ్మబుద్ధి కావడంలేదు. అందరూ చాటుగా ముసిముసినవ్వులు నవ్వుకున్నారు.

అతడు నిజంగానే రైతు కుటుంబంలోంచి వచ్చాడు. పేరు ఎర్నెస్ట్ రూథర్‌ఫర్డ్. త్వరలోనే అతడు "న్యూక్లియర్ ఫిజిక్స్" అనే కొత్త వైజ్ఞానిక శాఖకి శ్రీకారం చుడతాడనీ, పరమాణురంగంలో న్యూటన్ అంతవాడనే పేరు తెచ్చుకుంటాడనీ ఆ నవ్వుకున్నవాళ్లకేం తెలుసూ?

కేవెండిష్ లేబరేటరీలో జె.జె. థామ్సన్‌కి అసిస్టెంటుగా ఎలక్ట్రాన్ ఆవిష్కరణలో

సాయపడ్డాడు రూథర్‌ఫర్డ్. ఆ తరువాత స్వతంత్ర పరిశోధకుడిగా రేడియో ధార్మిక రేడియేషన్ మీద కృషి చేశాడు.

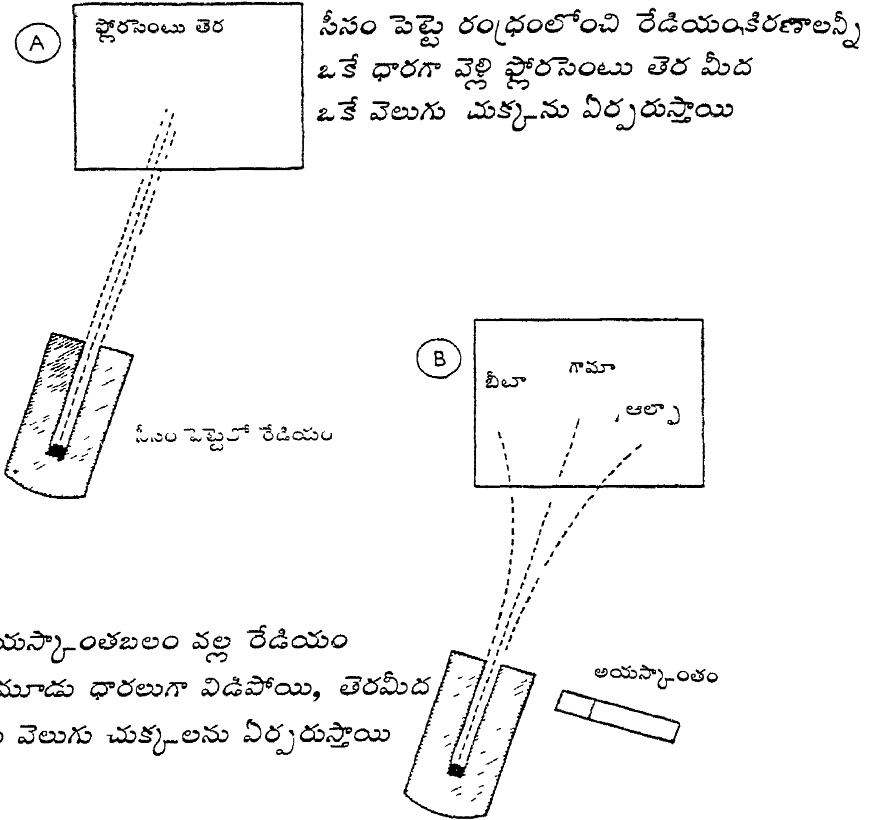
ఆల్ఫా—బీటా—గామా కిరణాలు

రేడియో ధార్మిక మూలపదార్థాలనుంచి నిరంతరాయింగా బయటక వస్తున్న కిరణాల అసలు స్వరూపం ఏమిటి? అవి కణములా? తరంగములా? కణములైతే వాటి బరువులేమిటి? వాటికి విద్యుత్ ఛార్జి ఉందా? లేదా? ఉంటే అది ధన విద్యుత్తా? రుణ విద్యుత్తా? అవి తరంగాలైతే వాటి అల పొడవు ఎంత? వంటి సందేహాలకు సమాధానాలు తెలుసుకోవాలని పరిశోధన మొదలుపెట్టేడు రూథర్‌ఫర్డ్.

ఆ కిరణాలదారికి దగ్గరలో శక్తిమంతమైన అయస్కాంతాన్నిపెడితే అవి ధన విద్యుత్కణములైతే ఒకవైపుకీ, రుణ విద్యుత్కణములైతే రెండవ వైపుకీ వంగుతాయి. డిశ్చార్జి ట్యూబులో రుణ విద్యుత్కణాలను (ఎలక్ట్రానులను) థామ్సన్ ఈ విధంగానే గుర్తించాడు. రూథర్‌ఫర్డ్ ఇదే పద్ధతిని ఉపయోగించాడు బెక్వెరల్ కిరణాల విషయంలో. ఆ కిరణాలలో కొన్ని కుడివైపుకి వంగాయి. అవి వంగిన దిశనుబట్టి అవి ధన విద్యుత్కణాలు అని తెలిసింది. బరువైన కణాలు పెద్ద వృత్తంలోనూ, తేలికైనవి అల్పవృత్తంలోనూ కదులుతాయి. కనుక ఆ కణములు నడిచే వృత్త వ్యాసం తెలిస్తే వాటి బరువు లెక్కవేయవచ్చు. ఈవిధంగా ఆ ధన విద్యుత్కణాల బరువు హైడ్రోజన్ పరమాణు భారానికి 4 రెట్లు అని తెలిసింది. వీటిని "ఆల్ఫా కణాలు" అన్నాడు గ్రీకు అక్షరమాలలోని మొదటి అక్షరమైన "ఆల్ఫా" ను ఉపయోగించి. ఇవి హీలియం పరమాణు కేంద్రకాలు (Nuclei) అని తరవాత తెలిసింది.

బెక్వెరల్ కిరణాలలో కొన్ని అయస్కాంతంవల్ల ఎడమ వైపుకి వంగేయి. వీటిని "బీటా కిరణాలు" అన్నాడు గ్రీకు అక్షరమాలలోని రెండవ అక్షరమైన "బీటా" ను ఉపయోగించి. ఇవి వంగిన దిశను బట్టి ఇవి రుణ విద్యుత్కణాలు అనీ, అవి నడిచిన వృత్త వ్యాసమును బట్టి వాటి బరువు హైడ్రోజన్ పరమాణువు బరువులో 1840వ వంతు అని తెలిసింది. కనుక అవి థామ్సన్ కనుగొన్న ఎలక్ట్రానులే అని తేలింది.

ఆ బెక్వెరల్ కిరణాలలో కొన్ని ఎటూ వంగకుండా తిన్నగా ప్రయాణం చేసేయి. వీటిని "గామా కిరణాలు" అన్నారు గ్రీకు అక్షరమాలలోని మూడవ అక్షరమైన "గామా"ను ఉపయోగించి. ఇవి కణములు కావనీ, విద్యుదయస్కాంత తరంగాలనీ, వీటి అల పొడవు X-కిరణాల అల పొడవుకన్న సుమారు వెయ్యి రెట్లు తక్కువ అనీ, కనుక వీటి శక్తి X-కిరణాల శక్తికన్న వెయ్యి రెట్లు అధికమనీ తెలుసుకున్నారు.



పరమాణువులో అంతర్భాగాలు

రేడియం పరమాణువులనుంచి ఇంతటి మహాశక్తిమంతమైన కిరణాలూ, కణాలూ బయటికి ఎలా వస్తున్నాయో అర్థంకాక 19వ శతాబ్దంలో భౌతిక శాస్త్రజ్ఞులు అయోమయస్థితిలో పడిపోయారు. పరమాణువులు పగులగొట్టరాని కఠినాతి కఠిన పదార్థాంతో నిర్మింపబడిన బంతులవంటివి అని అంతవరకూ నమ్ముతూ వస్తున్న వైజ్ఞానికులకు – తమలోనుంచి అంతకన్న చిన్న నలుసులను తుపాకి గుళ్లల్లాగ బయటికి విసిరేస్తున్న రేడియో ధార్మిక పరమాణువులను ఎలా అర్థం చేసుకోవాలో తెలియలేదు. అంటే పరమాణువులు అభేద్యములు కానే కావన్నమాట! అందులో ఇంకా అంతర్భాగాలున్నాయన్నమాట!

అయితే పరమాణు నిర్మాణంలో ఉపయోగించిన "ఇటుకలు" ఏవి? వాటి నిర్మాణ

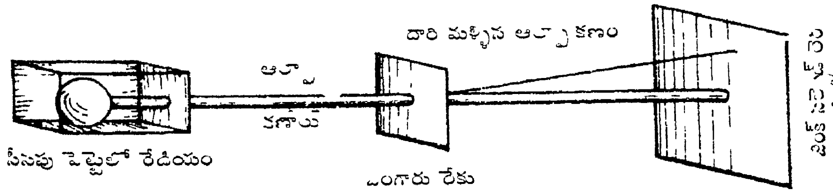
వైఖరి ఏమిటి? ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానాలు రాబట్టడానికి రూథర్‌ఫర్డ్ కృషి చేశాడు. దానికి అతడు ఉపయోగించిన పనిముట్టు బహు సామాన్యమైనది.

రేడియం పరమాణువులనుంచి బయటికి దూసుకు వస్తున్న ఆల్ఫా కణాలనే తుపాకి గుళ్లలాగ ఉపయోగించి ఇతర పరమాణువులమీదకు గురిచూసి కొట్టాలని అతడి ప్లాను. గాలితీసేసిన గాజు గొట్టంలో ఒకచివర రేడియం ముద్దను ఉంచి, దానిచుట్టూ సీసపు తొడుగుతో మూసి, ఒక సన్నని రంధ్రం వదిలిపెట్టేడు. ఆ రంధ్రంలోంచి ఆల్ఫా కణాలు బయటికివచ్చి, గొట్టం చివరనున్న జింక్ సల్ఫైడ్ తెరకి తగిలి, వెలుగుచుక్క కనిపిస్తోంది. ఈవిధంగా కంటికి కనబడని ఆల్ఫా కణాలు తెరమీద ఎక్కడ గుద్దుకుంటున్నాయో గుర్తించడానికి వీలైంది.

మిల్లీ మీటరులో పదివేల వంతు మందం కలిగిన బంగారపు రేకును ఆ గాజుగొట్టంలో ఆల్ఫా గుళ్లదారికి అడ్డంగా నిలబెట్టేడు. ఆ రేకు 2000 బంగారు పరమాణువుల మందం కలిగిన గోడ వంటిది అనుకోవచ్చు. ప్రతీ బంగారు పరమాణువూ ఆల్ఫా కణానికి 39 రెట్లు బరువుంటుంది. కనుక రేడియం మెషీన్‌గన్‌నుంచి వస్తున్న ఆల్ఫా గుళ్లకి ఈ రేకు బహు కఠినమైన, చాలా మందమైన ఇసుక బస్తాలగోడలాగ అడ్డుపడుతుంది అనుకున్నాడు రూథర్‌ఫర్డ్. కానీ, తీరాచూడగా ఫ్లోరసెంటు తెరమీద వెలుగుచుక్క యథాప్రకారంగా – రవ్వంతైనా వెలుగు తగ్గకుండా కనిపించింది! ఇదేమిటీ? ఇంతలావు బంగారు పరమాణువుల గోడ ఆల్ఫా కణాలను ఎంతమాత్రమూ నిరోధించ లేకుండా ఉందా? దయ్యానికి గురిచూసి తుపాకి పేలిస్తే ఆ గుండు అడ్డూ ఆపూ లేకుండా పొగలోంచి దూసుకుపోయినట్లుగా ఉంది పరిస్థితి. అంటే కఠిన ఘన పదార్థ నిర్మితమైనదనుకున్న పరమాణువు నిజానికి చాలా భాగం పట్టి ఖాళీయేనన్నమాట!

అంతలో ఒక చిత్రం జరిగింది. ఆల్ఫా గుళ్లల్లో ఒకటి "గురి" కి దూరంగా వెళ్లి ఫ్లోరసెంటు తెరకి తగిలి, మెరిసి మాయమైంది. అంతలో తెరమీద మరో చోట గురికి దూరంగా మరో వెలుగుచుక్క కనిపించి మాయమైంది. గురిమీద సరిగ్గా తగులుతున్న ఆల్ఫా కణాలనూ, గురికి దూరంగా పడుతున్న ఆల్ఫా కణాలనూ లెక్కపెట్టేడు. సుమారు 8000 ఆల్ఫా గుళ్లల్లో ఒక్కటి మాత్రమే దారి మళ్లి మరోచోట పడుతోంది అని తెలుసుకున్నాడు. దీని అర్థం ఏమిటి?

బంగారు పరమాణువులు పెద్ద బుడగ వంటివి. వాటిమధ్యలో – ఆ బుడగకి అనేక వేలరెట్లు అల్ప పరిమాణంగల బరువైన కఠినమైన గుండు – లేక "కేంద్రకం" ఉంది. రేడియంనుంచి వెలువడుతున్న ఆల్ఫా కణాలలో చాలాభాగం ఖాళీగాఉన్న బంగారు అణువుల బుడగలలోనుంచి నిర్నిరోధంగా దూసుకుని బయటికి వచ్చేస్తున్నాయి. కానీ,



పరమాణు మధ్యలో అత్యల్ప పరిమాణం గల బరువైన న్యూక్లియస్ ఉంది అని రుజువు చేయడానికి రూధర్‌ఫర్డ్ చేసిన ప్రయోగం.

అప్పుడూ అప్పుడూ ఒక్కొక్క ఆల్ఫా కణం పరమాణు బుడగ మధ్యలో ఉన్న బరువైన కేంద్రకానికి తగిలి, పరావర్తనం చెంది, పక్కకి దారి మళ్లుతోంది. పరమాణువుకన్న దాని కేంద్రకం చాలా చాలా చిన్నది కావడంచేతనే ఆల్ఫా కణం ఆ కేంద్రకానికి తగిలే అవకాశం అంత అల్పంగా ఉంది.

కఠినమైన ఆ కేంద్రకాన్ని రూధర్‌ఫర్డ్ "న్యూక్లియస్" అన్నాడు. తిన్నగా వెళ్లిన ఆల్ఫా కణాల సంఖ్యకూ, పక్కలకి మళ్లిన ఆల్ఫా కణాల సంఖ్యకూగల నిష్పత్తిని ఉపయోగించి కేంద్రకంకన్న పరమాణువు సుమారు 50,000 రెట్లు పెద్దది అని నిర్ణయించాడు! అంతేకాదు ఇంచుమించుగా పరమాణువు బరువంతా దాని కేంద్రకంలోనే నిక్షిప్తమై ఉంది అన్నాడు. అంతేకాదు న్యూక్లియస్ విద్యుదావేశితమై ఉంది అని తెలుసుకున్నాడు. ఆల్ఫా కణాలు ధన విద్యుత్తు కలిగి ఉన్నట్లు ఇంతకుముందే తెలుసు కనుక, వాటి దారి మళ్లించగల న్యూక్లియస్‌కూడా ధన విద్యుత్తుగలదేనని నిర్ణయించాడు; సజాతి విద్యుత్తుల వికర్షణ తెలిసినదే కనుక.

ఇప్పటి వరకూ తెలిసిన దానినిబట్టి – ప్రతి పరమాణువు మధ్యలోనూ బరువైన న్యూక్లియస్ ఉంటుంది. అందులో ధన విద్యుత్కణాలు ఉంటాయి. ఈ ధన విద్యుత్కణాలకు "ప్రోటానులు" అని నామకరణం చేశాడు రూధర్‌ఫర్డ్. ఒక ప్రోటానుమీద ఉన్న విద్యుత్తూ, ఒక ఎలక్ట్రానుమీద ఉన్న విద్యుత్తూ ఒకదానికొకటి సరిగ్గా సమానమూ, వ్యతిరేకమూనూ.

న్యూక్లియస్‌లో ఎన్ని ప్రోటానులు ఉన్నాయో, సరిగ్గా అన్నే ఎలక్ట్రానులు పరమాణువులో ఉంటాయి కనుక సరిసమానమూ, వ్యతిరేకమూ అయిన ధన, ఋణ విద్యుత్తులు ఒకదానికొకటి చెల్లు అయి, మొత్తం పరమాణువు విద్యుత్పరంగా తటస్థంగా ఉంటుంది.

అయితే న్యూక్లియస్‌లో ఎన్ని ప్రోటానులు ఉంటాయి? అన్నిటికన్న తేలికైన హైడ్రోజన్ పరమాణువులో ఒకే ఒక ప్రోటాను ఉంటుంది.

హీలియం పరమాణువులో రెండు ప్రోటానులుంటాయి. లీథియం పరమాణువులో మూడు ప్రోటానులుంటాయి. బేరియం పరమాణువులో నాలుగు ప్రోటానులుంటాయి.

ఈ విధంగా ఒక్కొక్క ప్రోటానును పెంచుకుంటూపోతే ఒక్కొక్క రకం మూల పదార్థ పరమాణువు తయారవుతూ పోతుంది.

పరమాణువుల న్యూక్లియస్సులలో కేవలం ప్రోటానులే కాక విద్యుద్రహితమైన, ప్రోటానులంతే బరువు కలిగిన న్యూట్రానులు ఉంటాయి అని జేమ్స్ చాడ్విక్ అనే బ్రిటిష్ శాస్త్రజ్ఞుడు కనుగొన్నాడు. న్యూక్లియస్ స్థిరంగా ఉండడానికి ఈ న్యూట్రానులు అవసరం.

ఇంతవరకూ బాగానే ఉంది కానీ, ఇక్కడ కొన్ని ఇబ్బందులు ఎదురయాయి.

పరమాణువులో ధన విద్యుత్తుగల ప్రోటానులు, ఋణ విద్యుత్తుగల ఎలక్ట్రానులు కలిసి ఉన్నాయి కదా, ఈ విజాతి విద్యుత్తులు పరస్పరం ఆకర్షించుకుని ఏక ముద్ద అయిపోకుండా ఎల్లా ఉంటున్నాయి?

అంతే కాదు, పరమాణువుతో పోల్చితే న్యూక్లియస్ అనేక వేలరెట్లు చిన్నది అని తెలుసుకున్నాం. పోనీ మిగిలిన స్థలమంతా ఎలక్ట్రాను ఆక్రమించుకుంది అనుకుందామా అంటే ప్రోటానుకన్న బరువులో 1840 రెట్లు అల్పమైన ఎలక్ట్రాను సైజు మరీ అంత పెద్దది అయి ఉండదు. ఒక ప్రోటాను, ఒక ఎలక్ట్రాను కలిసి ఏర్పడ్డ హైడ్రోజన్ పరమాణువు సైజు ఈ రెండిటికన్న అనేక వేలరెట్లు పెద్దది అయి ఉండడం ఎలా సాధ్యమైంది?

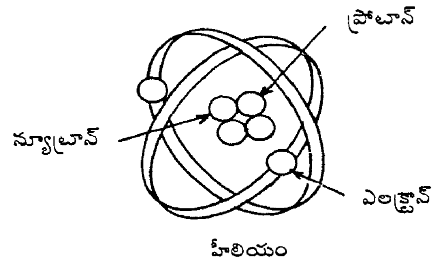
నీల్స్ హెన్రిక్ డేవిడ్‌భోర్ (1885–1962)

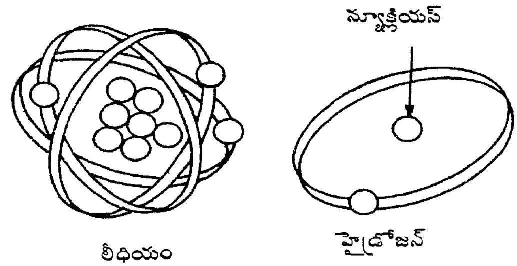
ఆనాటి శాస్త్రజ్ఞులను నిద్రపోనివ్వకుండా వేధిస్తున్న ఈ గడ్డు సమస్యని 1913లో నీల్స్ భోర్ అనే డేనిష్ భౌతిక శాస్త్రజ్ఞుడు పరిష్కరించగలిగేడు.

కోపెన్‌హాగన్ యూనివర్సిటీలో భౌతిక శాస్త్రం చదువుకున్న నీల్స్‌కి "తల తన్యత" (Surface Tension) మీద చేసిన పరిశోధనకి 22వ ఏట డేనిష్ సైంటిఫిక్ సొసైటీ బంగారు పతకం ఇచ్చింది. ఇతడూ, గణిత శాస్త్రంలో దిట్ట అయిన ఇతని తమ్ముడు హెరాల్డ్ ఫుట్‌బాల్ ఆటగాళ్లుగా స్కాండినేవియన్ దేశాలన్నిటా ప్రసిద్ధులు.



నీల్స్ హెన్రిక్ డేవిడ్ భోర్
(1885 – 1962)

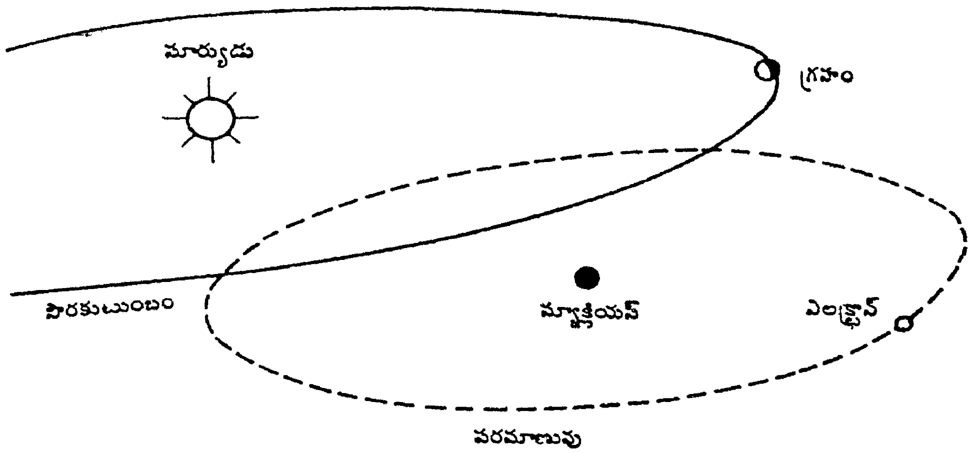




1911లో డాక్టరేటు డిగ్రీ తీసుకున్న నీల్స్ తిన్నగా ఇంగ్లండులోని కేవెండిష్ లేబరేటరీకి వెళ్లేడు ఎలక్ట్రాన్ కనిపెట్టిన జె.జె. థామ్సన్ దగ్గర రీసెర్చి చేయడానికి. అక్కడ అప్పటికే పరమాణు రంగంలో సుప్రసిద్ధుడైన సర్ ఎర్నెస్ట్ రూథర్‌ఫర్డ్‌తో కలిసి పనిచేశాడు; వారిద్దరూ చాలా దగ్గర స్నేహితులయ్యారు. అక్కడ ఉండగానే పరమాణు నిర్మాణంమీఁ సరికొత్త సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదిస్తూ 1913లో భోర్ ఒక పరిశోధనపత్రాన్ని ప్రచురించాడు.

గురుత్వాకర్షణవల్ల సూర్యుని చుట్టూ గ్రహాలు తిరుగుతున్నట్లే విద్యుదాకర్షణ వల్ల ధన విద్యుత్తుగల న్యూక్లియస్ చుట్టూ రుణ విద్యుత్తుగల ఎలక్ట్రానులు ప్రదక్షిణాలు చేస్తూ ఉంటాయి అన్నాడు భోర్. ప్రదక్షిణాలు చేయడంవల్ల గురుత్వాకర్షణని ఎదిరించగల "అపకేంద్ర బలం" (Centrifugal Force) తయారై, గ్రహాలు సూర్యుడిలోకి వెళ్లి పడిపోకుండా నిలువదొక్కుగో గలిగినట్లే – ఎలక్ట్రానులు ప్రదక్షిణాలు చేయడంవల్ల విద్యుదాకర్షణను ఎదిరించగల అప కేంద్ర బలం తయారై ఎలక్ట్రానులు న్యూక్లియస్‌లో వెళ్లి పడిపోకుండా ఉండగలుగుతున్నాయి అన్నాడు.

గురుత్వాకర్షణ బలమూ, విద్యుదాకర్షణ బలమూ కూడా "విలోమ వర్గ సూత్రాన్నే" (Inverse Square Law) అనుసరించడంవల్ల ఐజాక్ న్యూటన్ ఇంతకుముందే తయారు చేసి సిద్ధంగా ఉంచిన గ్రహ గమనాల గణితం అంతా న్యూక్లియస్ చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్ ప్రదక్షిణాలకు సరిగ్గా సరిపోతుంది. దీనిని ఆధారంగా చేసుకుని హైడ్రోజన్ పరమాణువులో



సూర్యుని చుట్టూ గ్రహాలు తిరుగుతున్నట్లే పరమాణువులో న్యూక్లియస్ చుట్టూ ఎలక్ట్రానులు తిరుగుతూ ఉంటాయి.

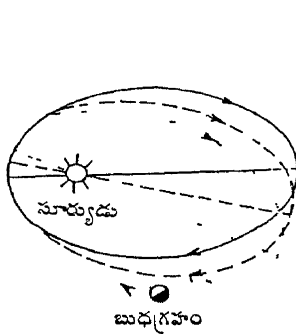
న్యూక్లియస్‌లోని ప్రోటాన్ చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్ సెకనుకి కనీసం 70 కోట్ల కోట్లు ప్రదక్షిణాలు (7×10^{15} Revolutions/Sec) చేస్తుందని భోర్ లెక్కకట్టేడు!

ఈ ప్రదక్షిణాలు చేయడంలో ఒక చమత్కారం ఉంది. న్యూక్లియస్‌చుట్టూ ఎలక్ట్రాన్ తిరిగే అండాకార కక్ష్య (Elliptical Orbit) స్థిరంగా ఉండక, దాని దీర్ఘవ్యాసం కదిలిపోతూ ఉంటుంది. సూర్యుని చుట్టూ గ్రహ కక్ష్యలు కూడా స్థిరంగా ఉండక కదిలిపోతూ ఉంటాయి. కాని, గ్రహాల ప్రదక్షిణ వేగాలు బహు స్వల్పం కావడంచేత గ్రహ కక్ష్యలు కదిలిపోవడం చాలా నెమ్మదిగా జరుగుతుంది. సూర్యుడికి అత్యంత సమీపంలో తిరిగే "బుధ గ్రహపు కక్ష్యా చలనం" (Precession of the Major Axis of Mercury) శతాబ్దానికి 575 సెకనుల కోణం మాత్రమే * ఇందులో 532 సెకనుల కోణం తక్కిన 8 గ్రహాల ఆకర్షణవల్ల కదిలిపోతుందనీ, మిగిలిన 43 సెకనుల కోణం ఐన్‌స్టైన్‌గారి సాపేక్ష సిద్ధాంతానుసారంగా కదులుతోందనీ తెలిసింది.

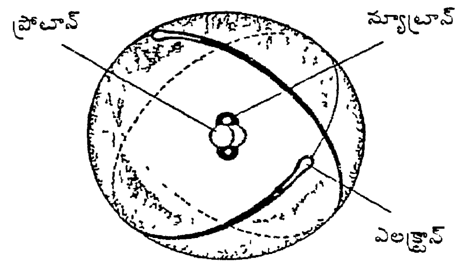
ఎలక్ట్రాను కక్ష్య కూడా ఇదే విధంగా అతి వేగంగా కదిలిపోతూ ఉండడం వల్ల న్యూక్లియస్ చుట్టూ "ఉంగరం" లాగ కాక, న్యూక్లియస్‌ని అంతనీ మూసేస్తూ "గుల్ల" లేక "గోళం" లాగ ఏర్పడుతుంది.

ఈ ఎలక్ట్రానుగుల్లే పరమాణువు సైజును నిర్ణయిస్తుంది. పరమాణువులు బిలియర్డ్ బంతుల్లాగ ప్రవర్తించడానికి ఈ ఎలక్ట్రాను గుల్లే కారణం. రెండు పరమాణువులు

* వివరాలకు "నా గ్రహణాల కథ" చూడు.



బుధగ్రహ కక్ష్యా చలనం



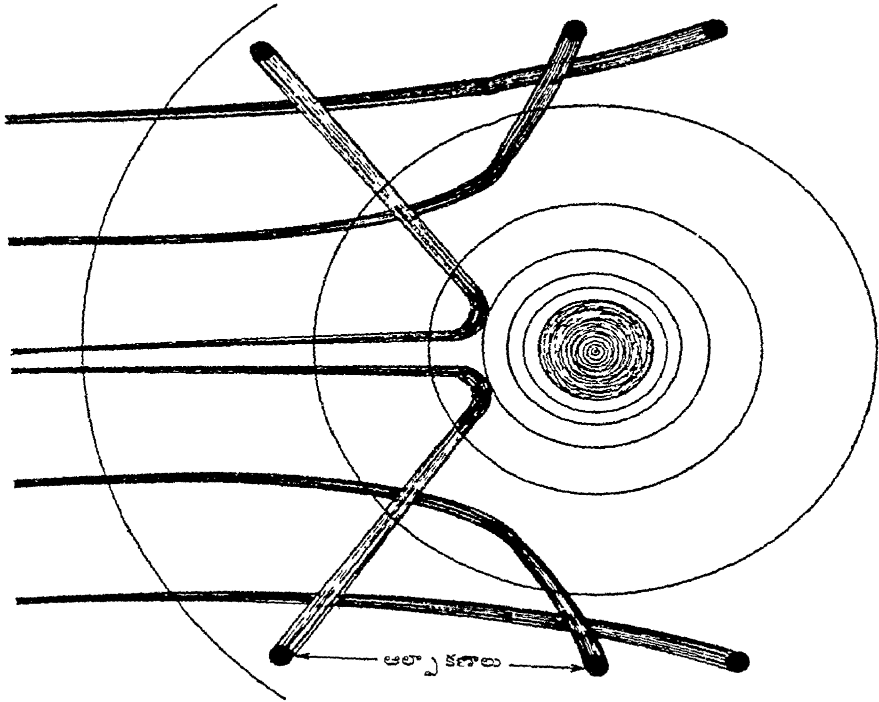
2 ప్రోటానులు 2 న్యూట్రానులు గల హీలియం న్యూక్లియస్ చుట్టూ తిరుగుతున్న 2 ఎలక్ట్రానులు గుల్లలాగ ఏర్పడతాయి

ఒకదానినొకటి గుద్దుకోవడమంటే ఈ ఎలక్ట్రాను గుల్లలు డీడిక్కి కొట్టుకోవడమే; సాధారణంగా న్యూక్లియస్‌లు గుద్దుకోవు.

అతి వేగంగా (సెకనుకి సుమారు లక్ష కిలోమీటర్లు) ప్రయాణం చేసే బహు సూక్ష్మమైన ఆల్ఫా కణాన్ని ఈ ఎలక్ట్రాను గుల్ల అడ్డగించలేదు, దాని గుండా ఆల్ఫా కణం చులాగ్గా దూసుకుపోతుంది, గిర గిరా తిరుగుతున్న పంఖా రెక్కల మధ్యనుంచి తుపాకి గుండు దూసుకోపోగలిగినట్లు. ఒకవేళ ఆల్ఫా కణానికి ప్రదక్షిణాలు చేసే ఎలక్ట్రాను తగిలినప్పటికీ – ఏనుగుకి ఎలుక పిల్ల అడ్డం వచ్చినట్లే – ఎలక్ట్రాను ఎగిరిపోతుందే కాని ఆల్ఫా కణానికి ఏమీ కాదు.ఆల్ఫా కణం సరాసరి న్యూక్లియస్ మీదికి వస్తే మాత్రం సజాతి విద్యుత్తుల వికర్షణవల్ల ఆల్ఫా కణం దారి మళ్లి పక్కకి తొలగిపోతుంది.

నీల్స్‌భోర్ సూచించిన ఈ పరమాణు 'నమూనా' రూథర్‌ఫర్డ్ చేసిన ప్రయోగాల ఫలితాలనన్నిటినీ అమోఘంగా సమర్థించ గలిగింది. ఇంతేకాదు–

డిశ్చార్జి ట్యూబులో ఉన్న వాయువునుబట్టి అది విడుదలచేసే కాంతి రంగులు మారడం అందరికీ తెలిసినదే. ఉదాహరణకి, నియాన్ వాయువు నారింజ ఎరుపు రంగు కాంతిని, సోడియం పసుపు రంగు కాంతిని విడుదల చేస్తాయి. అల్లాగే వేడి చేయడంవల్లకూడా ఒక్కొక్క మూల పదార్థం కొన్ని ప్రత్యేకమైన "వర్ణ పట రేఖలను" (Spectral Lines) మాత్రమే వెలువరిస్తుంది. ఇవి ఇల్లాగ ఎందుకు ప్రవర్తిస్తాయో భోర్ నిర్మించిన పరమాణు నమూనా అద్భుతంగా సమర్థించ గలిగింది. అదెల్లాగంటే – పరమాణువులలో న్యూక్లియస్ చుట్టూ ఎలక్ట్రానులు కొన్ని నిర్దిష్ట కక్ష్యలలో మాత్రమే తిరుగుతూ ఉంటాయి. విద్యుత్తు ప్రసరించినా, వేడిచేసినా ఈ ఎలక్ట్రానులు తాము మామూలుగా తిరుగుతున్న



న్యూక్లియస్‌కి మరీ దగ్గరగా వెళ్లిన ఆల్ఫా కణాలు మరింత తీవ్రంగా పక్కకి మళ్ళింప బడతాయి

కక్ష్యలలోనుంచి చటుక్కున పై కక్ష్యలలోకి ఎగురుతాయి; మళ్లీ ఆ ఎలక్ట్రానులు పై కక్ష్యలలోనుంచి కిందికి దూకినప్పుడు కాంతి విడుదల అవుతుంది. ఎలక్ట్రానులు దూకిన కక్ష్యల మధ్యదూరాన్నిబట్టి వెలువడే కాంతి రంగు నిర్ణయింపబడుతుంది అని భోర్ వివరించాడు. దానికి అవసరమైన గణితాన్ని కూడా తయారు చేశాడు.

ఇటువంటి పరమాణు నమూనాను ప్రతిపాదించినందుకు తొమ్మిదేళ్ల తరవాత 1922లో నీల్స్ భోర్‌కి నోబెల్ బహుమానం లభించింది. అప్పటి వరకూ నోబెల్ బహుమతి గ్రహీతలందరిలోకీ చిన్నవాడు ఇతడే. అప్పటికి అతడికి 37 ఏళ్లు.

భోర్ డెన్మార్కుకి తిరిగివచ్చి "కోపెన్ హాగన్ ఇన్‌స్టిట్యూట్ ఆఫ్ థియరెటికల్ ఫిజిక్స్" కి డైరక్టరయ్యాడు. తన పరిశోధనలను యధాప్రకారం కొనసాగిస్తూ ఉండగా 1940 ఏప్రిల్‌లో జర్మనులు డెన్మార్కుమీద హఠాత్తుగా దాడిచేసి, కొద్ది గంటలలో ఆ దేశాన్ని వశం చేసుకున్నారు. యూదులు ఎక్కడ కనిపించినా వెతికి వెతికి చంపేస్తున్నారు

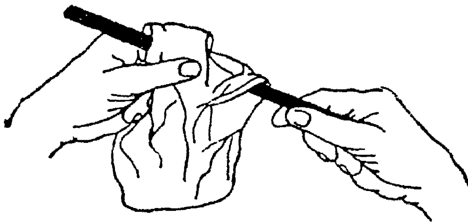
నాజీలు. భోర్ తల్లి యూదు కనుక ప్రమాదంనుంచి తప్పించుకోడానికి అతడు సకుటుంబంగా చిన్న పడవలో స్వీడన్‌కీ, అక్కడినుంచి అమెరికాకీ పారిపోయాడు. ఇతడు వెళ్లిన కొంతసేపటికి డెన్మార్కులోని ఇతడి ఇంటిమీద నాజీలు దాడి చేశారు.

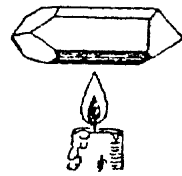
యుద్ధం ముగిసేక భోర్ తన దేశానికి తిరిగివచ్చి, శేష జీవితాన్ని సైన్సుకీ, శాంతికీ, ఆటంబాంబు నిర్మూలన ప్రచారానికీ వెచ్చించాడు.

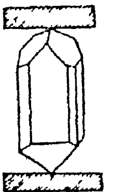
ఈవిధంగా హేమాహేమీలవంటి శాస్త్రజ్ఞులు చేసిన పరిశోధనల ఫలితంగా పరమాణు రహస్యాలు చాలాభాగం తెలిసి వచ్చాయి. తత్ఫలితంగా విద్యుత్తు కథ పరిపుష్టం అయింది.

విద్యుత్తు తయారయే వివిధ పద్ధతులు

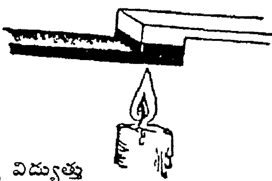
విద్యుత్తు రకరకాల పద్ధతులలో తయారవుతుంది. ఏ విధంగా తయారైనప్పటికీ విద్యుత్తు అంతా ఒక్కటే.

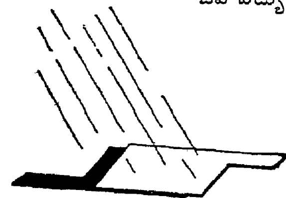

ఘర్షణ విద్యుత్తు


పైరో విద్యుత్తు


పీజో విద్యుత్తు


జీవ విద్యుత్తు


థెర్మో విద్యుత్తు


ఫొటో విద్యుతు

విద్యుత్తు తయారయే వివిధ పద్ధతులు

విద్యుత్తు ఒక రకమైన శక్తి. ఏదో ఒక రూపంలో శక్తిని ఖర్చుపెడితే తప్ప విద్యుత్తు తయారవదని గుర్తుంచుకోవాలి. శక్తి రూపాంతరాలు చెందుతుందే కాని, కొత్తగా సృష్టించబడదని మనకి తెలిసినదే కదా?

1. ఘర్షణ విద్యుత్తు (Frictional Electricity)

రుద్దడంవల్ల విద్యుత్తు తయారవుతుందని 2500 ఏళ్ల కిందటే తెలుసుకున్నారు. మన విద్యుత్తు కథ దీనితోనే మొదలు అయింది.

2. రసాయన విద్యుత్తు (Chemical Electricity)

లూయిగీ గాల్వానీ, అలిస్సాండ్రో వోల్టాల కృషి ఫలితంగా ఏర్పడ్డ విద్యుద్ఘటాలూ, అదే సూత్రంమీద దరిమిలాని తయారైన బేటరీలు ఈ తరగతి కిందికి వస్తాయి.

3. అయస్కాంత విద్యుత్తు (Magneto Electricity)

మైకేల్ ఫేరడే, జోసెఫ్ హెన్రీల పరిశోధనల ఆధారంగా నిర్మించిన డైనమోలు ఈ కోవకి చెందినవే. ఇందులో అయస్కాంత రేఖలను తీగచుట్ట ఖండిస్తూ ఉండడంవల్ల విద్యుత్తు తయారవుతుంది. ఆర్మేచరును తిప్పడానికి ఆవిరి శక్తిగాని, జలపాతశక్తిగాని, సైకిలు డైనమోలోలాగ కండర శక్తిగాని, డీసెలు జనరేటరులోలాగ రసాయనశక్తిగాని వినియోగం అవుతున్నాయి. ప్రపంచంలో ప్రస్తుతం తయారవుతున్న విద్యుత్తు ఇంచుమించు అంతా (99.99%) ఈ పద్ధతిలోనే తయారవుతోంది. రెండవ స్థానం (0.01%) రసాయన బేటరీలది.

4. జీవ విద్యుత్తు (Animal Electricity)

సమస్త జీవుల నాడులలోనూ, కండరాలలోనూ అల్పాల్పంగానూ, ఎలక్ట్రిక్ ఈల్ వంటి కొద్ది రకాల చేపలలో హెచ్చు మోతాదులోనూ విద్యుత్తు తయారవుతోంది.

5. పైరో విద్యుత్తు (Pyro Electricity)

విద్యుద్వాహకంకాని కొన్నిరకాల స్ఫటికాల ఉష్ణోగ్రత పెంచినా, తగ్గించినా విద్యుత్తు ఛార్జి ఏర్పడుతుంది. బొరాన్, సిలికాన్, అల్యూమినియం కలిసిన "టూర్మలిన్" (Tour-

maline) ఖనిజం తొలూకు స్ఫటికాలు వీటికి ఒక ఉదాహరణ. ఈ స్ఫటికాలు కొన్ని పారదర్శకం (Transparent)గానూ, కొన్ని నల్లగానూ, గోధుమ వన్నెలోనూ, నీలిగానూ, ఆకుపచ్చగానూ, ఎర్రగానూ ఉంటాయి. ఒక డిగ్రీ సెంటీగ్రేడు మార్పుకి 10⁹ కూలంబు విద్యుత్తు ఏర్పడుతుంది. టార్టారిక్ ఏసిడు, లీథియం సోడియం సల్ఫేటు, క్వార్ట్జ్, చెరకు పంచదార వగైరాల స్ఫటికాలలోకూడా పైరో విద్యుత్తు తయారవుతుంది. పైరో అంటే గ్రీకు భాషలో వేడి అని అర్థం.

6. థెర్మో విద్యుత్తు (Thermo Electricity)

రెండు వేరు వేరు లోహాల తీగలను తీసుకుని, వాటి కొసలు అతుకు పెట్టి, ఒక కొసను హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతలోనూ, రెండవ కొసను తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలోనూ ఉంచితే, ఆ తీగల సర్క్యూటులో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది; దానికి సమీపంలో ఉంచిన దిక్సూచి కదులుతుంది. రెండు అతుకుల మధ్య ఉష్ణోగ్రతా భేదం ఎంత ఎక్కువ ఉంటే అంత ఎక్కువ విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది. 1821లో థామస్ సీబెక్ కనుగొన్న దీనిని థెర్మో విద్యుత్తు అంటారు. థెర్మోస్ అంటే కూడా వేడి అనే అర్థం.

7. పీజో విద్యుత్తు (Piezo Electricity)

విద్యుద్వాహకం కాని కొన్నిరకాల స్ఫటికాలను వత్తితే విద్యుత్ పుడుతుంది. తయారయే వోల్టేజి ప్రయోగించిన వత్తిడికి అనులోమంగా *(Proportional)* ఉంటుంది. పీజో అనే లాటిన్ పదానికి వత్తిడి అని అర్థం.

రోషెల్ సాల్ట్, కాల్ స్పార్ స్ఫటికాలు ఈ తరగతికిందికి వస్తాయి. ఈ స్ఫటికానికి రెండు వైపులా చెరి ఒక తీగనూ అతికించి, ఆ తీగలను లౌడ్ స్పీకరుకి కలిపి, ఆ స్ఫటికాన్ని తడిలేని వేళ్లతో నొక్కితే కెవ్వుమని కూతలు వినిపిస్తాయి లౌడ్ స్పీకరులోంచి వత్తడంవల్ల నొప్పి పుట్టి స్ఫటికం ఏడుస్తోందా అన్నట్లు!

8. ఫొటో విద్యుత్తు (Photo Electricity)

"సెలేనియం" ధాతువు మీద కాంతి పడితే విద్యుత్తు పుడుతుంది. ఫొటో అంటే కాంతి అని అర్థం. దీనిని కెమేరాల ఎక్స్పోజో మీటరులలో ఉపయోగిస్తారు. ఈ లక్షణం కలిగిన వస్తువులు "కాపర్ ఆక్సైడ్ – కాపర్", "ఇండియం – కాడ్మియం – సిల్వర్" వంటివి ఇంకా ఉన్నాయి. వీటిని కనిపెట్టిన తరువాతనే మూకీ సినిమాలు పోయి, టాకీ సినిమాలు వచ్చాయి.

9. స్థితి మార్పువల్ల విద్యుత్తు
(Electricity due to change of State)

అనుకోని సందర్భాలలో విద్యుత్తు హఠాత్తుగా దర్శనమిచ్చి ఆశ్చర్యపరుస్తూ ఉంటుంది. కొన్ని వస్తువులు ద్రవ స్థితినుంచి ఘన స్థితికి మారుతున్నప్పుడు విద్యుత్ ఛార్జి ఏర్పడుతుంది. ఉదాహరణకి వేడిగా ద్రవరూపంలో ఉన్న "చాకొలెట్" చల్లబడి ఘనీభవిస్తున్నప్పుడు అది విద్యుదావేశితమవుతుంది. గంధకానికి ఈ లక్షణం ఇంకా తీవ్రంగా ఉంది.

10. కొన్ని వస్తువులను విరిచినా, చింపినా, సాగదీసినా విద్యుత్తు ఏర్పడుతుంది. ఉదాహరణకి చాకొలెట్‌మీద చుట్టిన ముచ్చి బంగారపురేకును చింపినప్పుడు విద్యుత్తు పుడుతుంది.

పెన్సిలు చెక్కుతున్నప్పుడు విద్యుత్తు తయారవుతుంది.

రబ్బరు సాగదీసినప్పుడు విద్యుత్తు ఛార్జి ఏర్పడుతుంది.

కెటిల్‌లోంచి కప్పులోకి కాఫీ పోస్తునప్పుడు విద్యుత్తు తయారవుతుంది.

నీటి బిందువు తునకలైనప్పుడు విద్యుత్తు పుడుతుంది.

ఇక్కడ ఏర్పడే విద్యుత్తు బహు అల్పమైనది కావడంచేత సున్నితమైన ఎలక్ట్రోస్కోపునుపయోగిస్తే కాని కనబడదు.

పుష్కలంగా నీటి తుంపరలున్న మబ్బులలో ఊర్ధ్వ వాయు ప్రవాహాల వల్ల ఆతుంపరలు తునా తునకలై, కొట్లకొద్దీ వోల్టుల విద్యుత్తు పుడుతుంది. ఆ విద్యుత్తు డిశ్చార్జి కావడం వల్ల మెరుపులూ, ఉరుములూ పుడతాయి (పిడుగు దేవర కథ చూడండి).

రుద్దడంవల్లగానీ, వేడి చేయడంవల్ల గానీ పరమాణువులలోని ఎలక్ట్రానులు కొన్ని ఊడి బయటికి వచ్చేస్తాయి. ఈ విధంగా ఎలక్ట్రానులను పోగొట్టుకున్న పరమాణువులు ధన విద్యుత్తును ప్రదర్శిస్తాయి. ఉదాహరణకి ఓటోఫాన్ గెరిక్ గంధక గోళాన్ని ఉన్ని బట్టతో రుద్దేడు. గంధక పరమాణు కేంద్రకంలో 16 ప్రోటానులు, 16 న్యూట్రానులూ ఉన్నాయి. ఆ కేంద్రకంచుట్టూ 16 ఎలక్ట్రానులు ప్రదక్షిణాలు చేస్తున్నాయి. ప్రోటానులు, ఎలక్ట్రానులు సమానసంఖ్యలో ఉండడంచేత ధన, ఋణ విద్యుత్తులు సరిసమానమై గంధక పరమాణువులు తటస్థంగా ఉంటాయి. ఇప్పుడు గంధకాన్ని ఉన్నిబట్టతో రుద్దితే ఏమవుతుంది?

ఘర్షణవల్ల గంధక పరమాణువులోని ఎలక్ట్రాను ఒకటి ఊడి వచ్చి, ఉన్నిబట్టకు అతుక్కుంటుంది. అప్పుడు ఆ గంధక పరమాణువులో 16 ప్రోటానులు, 15

ఎలక్ట్రానులు మాత్రమే ఉంటాయి, అంటే 16 ప్రమాణాల ధన విద్యుత్తూ, 15 ప్రమాణాల రుణ విద్యుత్తు ఉంటుంది. 15 రుణ విద్యుత్తులు, 15 ధన విద్యుత్తులు పరస్పరం చెల్లు అయిపోగా ఇంక ఒక్క ధన విద్యుత్తు అధికంగా మిగిలి ఉంటుంది. కనుక ఈ గంధక పరమాణువు ధన విద్యుత్తును ప్రదర్శిస్తుంది. ఒక ఎలక్ట్రాను అధికంగావచ్చి అతుక్కోవడంవల్ల ఉన్నిబట్ట రుణ విద్యుత్తును ప్రదర్శిస్తుంది.

ఈ విధంగా కోట్ల కొద్దీ ఎలక్ట్రానులు గంధకంనుంచి ఊడివచ్చి ఉన్నిబట్టకు అతుక్కుంటాయి. ఉన్నిబట్టమీద అధికాధికంగా చేరిన ఎలక్ట్రానులవల్ల గంధక గోళం, ఉన్నిబట్టలమధ్య పీడనం హెచ్చుగా ఉంటుంది. ఎలక్ట్రానులు ఈ "ఎడబాటు"ను భరించలేక గంధకం మీదికి తిరిగి వెళ్ళిపోవాలని ప్రయత్నిస్తూ ఉంటాయి. వాటి మధ్యనున్న గాలి విద్యుద్వాహకం కాదు కనుక అవకాశం చూసుకుని – ఎడం తక్కువగా ఉంటే – ఉన్ని బట్టమీదనుంచి ఎలక్ట్రానుల గుంపు ఒక్క గంతు వేసి గంధక గోళాన్ని చేరుకుంటాయి. ఎలక్ట్రానులు గంతువేయడంవల్ల మధ్యదారిలో ఉన్న గాలి అణువులు వేడెక్కివెలుగుతాయి; ఆ వెలుగే స్పార్కు. ఈ విధంగా గంధకగోళమూ, ఉన్నిబట్టా తటస్థమై పోతాయి.

గంధక గోళానికీ ఉన్నిబట్టకీ మధ్య ఎడం మరీ ఎక్కువగా ఉంటే ఎలక్ట్రానుల గుంపు అంతపెద్దగంతువెయ్యలేకఉగ్గబట్టుకుని, అవకాశంకోసంఎదురుచూస్తూఉంటుంది. ఆ రెండింటి మధ్యలో డ్యూఫే కొవ్వొత్తి వెలిగించి పెట్టడం గుర్తుందా? కొవ్వొత్తిమంట వల్ల చుట్టుపక్కల గాలి అణువులనుంచి కొన్ని ఎలక్ట్రానులు ఊడిపోతాయి, ధన విద్యుదావేశితమైన గాలి అణువులూ, రికామీగా తిరుగుతున్న ఎలక్ట్రానులూ అక్కడ చేరి విద్యుత్తు ప్రవహించడానికి అనువుగా ఉంటుంది. కనుక ఉన్నిబట్ట మీది ఎలక్ట్రానులు కొవ్వొత్తి మంట అనే నడిమిరాయిమీద కాలు ఊనుకుని గంధకం మీదికి సులభంగా దూకేస్తాయి.

విద్యుత్తును తమగుండా ప్రసరించనివ్వని గాజు, గంధకం, కర్ర, ఏంబర్, సిల్కు, ఉన్ని వంటి వస్తువులలో రుద్దడంవల్ల ఏర్పడి జమ అయిన ఎలక్ట్రానులు కదలకుండా ఉన్నచోటనే ఉండిపోతాయి. ఇవి ఎగిరి గంతు వెయ్యడమేకాని ప్రవహించవు. స్థిరవిద్యుత్తు ఈవిధంగా ఏర్పడి, ఎండుగడ్డి పరకలను ఆకర్షించి 25 శతాబ్దాల క్రితం థేల్స్ దృష్టిని ఆకర్షించింది. తరతరాలుగా మానవ మేధస్సును గుంజి గుంజి వదిలి పెట్టింది. అనేకానేక ఆవిష్కరణలకు దారి తీసింది. కంటికి కనిపించని సూక్ష్మ పరమాణువుల అంతర్భాగ రహస్యాలను తెలుసుకోడానికి పురికొల్పింది. ఎన్నడూ కనీ వినీ ఎరుగని పరమాణుశక్తికి మానవుణ్ణి అధికారిని చేసింది.

ఈ విశ్వం అంతా పరమాణువుల మయం. ప్రతి పరమాణువులోనూ విద్యుత్త ఉంది. ఈ విద్యుత్తే జీవులను నడిపిస్తోంది. ఇదే మనచేత ఆలోచింప జేస్తోంది కనుకనూ,

"ఇందుగలదందులేదను
సందేహము వలదు వలదు – సర్వోపగతం
బెందెందు వెదకి చూచిన
నందందే గుర్తు పట్టనగు విద్యుత్తున్"

....

బిబ్లియోగ్రఫీ

B. Morgan *Men and Discoveries in Electricity* John Murray, London, 1952, pp 188

A. Morgan, *Things a boy can do with Electricity* Charles Scribner's Sons New York, 1951, pp 243

L.B. Loeb, *Fundamentals of Electricity and Magnetism* John Wiley & Sons, New York, 1947, pp 669

Lancelot Hogben, *Science for the Citizen* George Allen & Unwin Ltd , London, 1956, pp 1162

S.G. Starling, Revised by H J Gray, *Electricity in the Service of Man* Longmans, Green and Co , London, 1949, pp 255

John Lewellen, *The Boy Scientist* Simon and Schuster, New York, 1955, pp 264

Mitchell Wilson, *American Science and Invention A Pictorial History* Simon and Schuster, New York, 1954, pp 437

H.H. Skilling, *Exploring Electricity* Ronald Press, New York, 1948, pp 277

W.H. Crouse, *Understanding Science* Mc graw-Hill, New York, 1956, pp 192.

E.J. Cable et. al, *Science in a changing world* William Henry, New York, 1946

G.A. Baitsell, *Ed Science in Progress Vol I* Yale University Press, New Haven, 1967, pp 322

Development of the Concept of electric charge - electricity from Greeks to Coulomb Harvard University Press, Cambridge, 1954, pp 97

Michael Faraday, *Experimental researches in Electricity* J M Dent & Sons, London, 1951 pp 332

Lives in Science Scientific American
Simon and Schuster, New York, 1957, pp 274

G. Schwartz and P.W. Bishop Ed Moments of discovery, Basic Books, New York, 1958, pp 497

J.G. Crowther, *Famous American Men of Science, Vol I,* Penguin Books, Harmonds Worth, 1944, pp 191

J.G. Crowther, *British Scientists of the 19th Century* Penguin Books, Harmonds Worth, 1940, pp 220.

J.G. Crowther, *British Scientists of the 20th Century* Roukledge and Kegan paul Ltd London , 1952, pp 320

R.L. Darrow, *Masters of Science and Invention* Harcourt, Brace and Co , New York, 1923, pp 352

Philipp Lenard, *Great men of Science* G Bell & Sons, London, 1950, pp 389

T.W. Chalmers, *Historic Researches* Morgan Brothers, London, 1949, pp 288

L.E.C. Hughes, *Electricity* W & G Foyle Ltd , London, 1950, pp 123

N.H.De.V. Heathcote, *Nobel Prize Winners in Physics, 1901 - 1950* Henry Schuman, New York, 1953, pp 473

James Kendall, *Michael Faraday, Man of Simplicity* Faber and Faber, London, 1956, pp 196
S.R. Riedman, *Men and Women behind atom* Abelard - Schuman, London, 1957, pp 229
T. Shedlovsky, *Electrochemistry in Biology and Medicine* Wiley, New York, 1955, pp 369
John Rowland, *Earnest Rutherford, Atom Pioneer* Werner Laurie, London, 1955, pp 160.
Science Milestones Windsor Press, Chicago, 1954, pp 312
Science News No 5, Nov 1947, pp 168 - 172
Science News No 14, Dec. 1949, pp 119 - 139 Science News No.22, Nov 1951, pp 7 - 25
Penguin Books, Harmon sworth
American Scientist Nov - Dec 1984, pp 598 - 607
Discovery, June, 1953, pp 189 - 193
Discovery, Oct 1962, pp 26 - 32
Scientific American, Oct 1962, pp 107 - 117
Scientific American, March, 1963, pp 50 - 59.
E.J. Holmyard, *Great Chemists* Methuen, London, 1929, pp 137
D.L. Anderson, *The Discovery of Electron* D Van Nostrand Co, Inc., New York, 1964, pp 138
Mc Graw-Hill Encyclopaedia of Science and Technology, Vol 4, Mc Graw-Hill Book Co., London, 1960
మహీధర నళినీ మోహన్, *గ్రహణాల కథ* : Hyderabad Book Trust, Hyderabad, 1981, pp 147
మహీధర నళినీ మోహన్, *పిడుగుదేవర కథ* : Hyderabad Book Trust, Hyderabad, 1984, pp 128.
మహీధర నళినీ మోహన్, *సౌరశక్తికి సంకెళ్లు* : Hyderabad Book Trust, Hyderabad, 1985, pp 230
మహీధర నళినీ మోహన్, *టెలిగ్రాఫు కథ* : Orient Longman, Hyderabad, 1990, pp 142

గ్లోసరీ

Action at a distance దూరక్రియ : అయస్కాంత, విద్యుత్, గురుత్వాకర్షణలవల్ల దూరపువస్తువులను ఆకర్షించగలగడానికి ఒకప్పుడు ఈ మాటను వాడేవారు. ఈ క్రియ అనంతవేగంతో జరుగుతుందని అనుకునేవారు.

Actinium ఏక్టీనియం : న్యూక్లియస్‌లో 89 ప్రొటానులు గల రేడియో ధార్మిక మూల పదార్థం.

Active state చైతన్య స్థితి : విద్యుత్తు రూపంలో సమాచారాన్ని అందుకున్న నాడులలో వోల్టేజి $+\frac{1}{20}$ వోల్టుకి పెరుగుతుంది.

Absorption శోషణం, పీల్చుకొనుట : ద్రవంగానీ, వాయువుగానీ మరో వస్తువు లోపలికి పీల్చుకోబడడం.

Adsorption ఉపరితల శోషణం : ఉదా. వాయువును బొగ్గు పీల్చుకోవడం. ఇది ఉపరితలం మీదనే జరుగుతుంది.

Aether ఈథర్ : విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు ప్రయాణం చేయగలగడానికి ఒక మాధ్యమం అవసరం అనుకుని, అందుకోసం విశ్వమంతా ఈథర్ అనే కల్పిత విచిత్ర పదార్థంతో నిండి ఉందని ఒకప్పుడు అనుకునేవారు.

Air resistance గాలి నిరోధం : విద్యుత్ప్రవాహానికి గాలివల్ల కలిగే నిరోధం.

Alchemy సువర్ణ యోగం, స్వర్ణకార విద్య : ఇతర లోహాలను బంగారంగా మార్చుకోవచ్చునని ఒకప్పుడు నమ్మిన తప్పుడు సిద్ధాంతం.

Air capacitor గాలి కెపాసిటర్ : రెండు లోహఫలకాలమధ్య గాలిని ఇన్సులేటరుగా వాడి తయారుచేసిన కండెన్సరు.

Amber ఏంబర్ : పైను వృక్షాల బంక నేలలో కప్పబడి, గట్టిపడిన అర్ధపారదర్శక పదార్థం.

Alpha rays ఆల్ఫా కిరణాలు : రేడియో ధార్మిక పదార్థాలు విడుదల చేసే కిరణాలలో ఇవి ఒకటి. నిజానికి ఇవి ధన విద్యుత్తుగల కణములనీ, తరవాత ఇవి హీలియం కేంద్రకాలనీ తెలుసుకున్నారు. వీటినే ఆల్ఫా కణములు అని కూడా అంటారు.

Ammeter ఏమ్మీటరు : విద్యుత్ప్రవాహాన్ని కొలిచే సాధనం.

Amplifier ఏంప్లిఫైయర్ : రేడియో తరంగాల కంపన పరిమితిని పెంచే సాధనం.

Ampere ఏంపియర్ : విద్యుత్తు ప్రవహించే రేటుకి ప్రమాణం. ఆంద్రే మేరీ ఏంపియర్, 1775 – 1836, అనే ఫ్రెంచి విజ్ఞానిపేరు దీనికి పెట్టేరు. ఒక సెకనుకి ఒక కూలంబ్ విద్యుత్తు ఛార్జి ప్రవహిస్తే అది ఒక ఏంపియర్‌కి సమానం.

Ampere's right-hand Rule కుడిచేతి వాటపు ఏంపియర్ సూత్రం : సాచిన నీ కుడిచేతి బొటనవేలు విద్యుత్ ప్రవాహదిశను సూచిస్తూ ఉంటే, ముడుచుకున్న తక్కిన నాలుగు వేళ్లూ అయస్కాంత క్షేత్రదిశలో వంగి ఉంటాయి.

Angstrom unit ఏంగ్‌స్ట్రామ్ ప్రమాణం : సెం.మీ.లో పదికోట్లవ వంతు పొడవు. కాంతి, అతి నీలలోహిత, ఎక్స్, గామా కిరణాల అల పొడవును సూచించే ప్రమాణం.

ఆండెర్స్ యోనస్ ఏంగ్‌స్ట్రామ్, 1814 – 1874, అనే స్వీడిష్ విజ్ఞానిపేరును దీనికి పెట్టేరు.

Anticathode ఏంటి కేథోడ్ : ఎక్స్‌రే ట్యూబులో కేథోడ్ కిరణాలు గుద్దుకుని ఎక్స్ కిరణాలను విడుదలచేసే పలక.

Antenna ఏంటెన్నా, ఏరియల్ : రేడియో తరంగాలను ప్రసారం చేయడానికీ, గ్రహించడానికీ ఉపయోగించే తీగ.

Ariel : చూడు Antenna

Antinodes ఉచ్ఛల బిందువులు : స్థిర తరంగాలలో అత్యధికంగా కదిలే బిందువులు. చూడు Standing waves.

Armature ఆర్మేచర్ : ఎలక్ట్రిక్ జెనరేటరులో విద్యుత్తు ప్రవహించే భాగం; లేదా ఎలక్ట్రిక్ మోటారులో కదిలే భాగం.

Atom పరమాణువు : మూల పదార్థపు రసాయన లక్షణాలు అన్నీ కలిగి ఉన్న అత్యంత సూక్ష్మ కణం.

Atomic number పరమాణు సంఖ్య : పరమాణుకేంద్రకంలోని ప్రోటానుల సంఖ్య.

Atomic weight పరమాణుభారం : హైడ్రోజన్ పరమాణువుకి ఇన్ని రెట్లు బరువు అని సూచించే సంఖ్య.

Atomic structure పరమాణు నిర్మాణం : సూర్యుని చుట్టూ గ్రహాలు తిరుగుతున్నట్లే, న్యూక్లియస్ చుట్టు ఎలక్ట్రానులు తిరుగుతున్నాయని నీల్స్ భోర్ సూచించాడు.

Atomizer ఏటమైజర్ : చిన్న రంధ్రంతెరచి విసురుగా గాలిని ఊదడం ద్వారా ద్రవాన్ని సూక్ష్మ బిందువులుగా మార్చే సాధనం.

Battery, electric ఎలక్ట్రిక్ బేటరీ : విద్యుద్ఘట సమూహానికి ఇది అసలు పేరు. కానీ, ప్రస్తుతం ఒకే ఒక విద్యుద్ఘటానికి కూడా ఈ మాట వాడుతున్నారు.

Barium బేరియం : న్యూక్లియస్‌లో 56 ప్రోటానులు గల మూల పదార్థం.

Beta rays బీటా కిరణాలు : రేడియోధార్మిక పదార్థాలు విడుదల చేసే కిరణాలలో ఇవి ఒకటి. నిజానికి ఇవి ఋణవిద్యుత్తుగల కణములనీ, తరువాత ఇవి ఎలక్ట్రానులనీ తెలుసుకున్నారు. వీటినే బీటా కణములని కూడా అంటారు.

Becquerel rays బెక్వెరల్ కిరణాలు : రేడియో ధార్మిక పదార్థాలు విడుదల చేసే రేడియేషన్‌కే మరో పేరు.

Beryllium బెరీలియం : న్యూక్లియస్‌లో 4 ప్రోటానులు గల మూల పదార్థం.

Boron బొరాన్ : న్యూక్లియస్‌లో 5 ప్రోటానులు గల మూల పదార్థం.

Bismuth బిస్మత్ : న్యూక్లియస్‌లో 83 ప్రోటానులు గల మూల పదార్థం.

Cat fish పిల్లి చేప : తన శరీరంలో తయారయే హైవోల్టేజి విద్యుత్తుతో షాకు కొట్టగల చేపలలో ఒకటి.

Cathode glow కేథోడ్ వెలుగు : డిశ్చార్జి ట్యూబులో కేథోడునుంచి ఏనోడువైపుగా వెడుతూ ఉంటే తగిలే మొదటి వెలుగు చారిక. దీనికి ఒకవైపున క్రూక్స్ చీకటి

భాగము, రెండవ వైపున ఫేరడే చీకటి భాగము ఉంటాయి.

Cathode rays కేథోడ్ కిరణాలు : డిశ్చార్జిట్యూబులో కేథోడు నుంచి వెలువడే ఎలక్ట్రానులు.

Canal rays కెనాల్ కిరణాలు : డిచ్చార్జి ట్యూబులో కేథోడుకి చేసిన రంధ్రంలో నుంచి బయటికి వచ్చే ట్యూబులోని వాయువు తాలూకు ధన అయానులు.

Carbon కార్బన్, బొగ్గు : న్యూక్లియస్‌లో 6 ప్రోటానులు గల మూల పదార్థం.

Capacitor కెపాసిటర్ : చూడు Condenser.

Charge, Static స్థిర విద్యుత్తు : విద్యుత్తు ప్రవహించనివ్వని రెండు పదార్థాలని కలిపి రుద్దితే ఒకదానిమీద ధన విద్యుత్తు, మరొకదానిమీద రుణ విద్యుత్తు ఏర్పడి, ఉన్నచోటనే స్థిరంగా ఉంటాయి.

Compass, Magnetic అయస్కాంత దిక్సూచి : భూ అయస్కాంతంచేత ఆకర్షింపబడి, ఉత్తర దక్షిణ దిక్కులను సూచించే అయస్కాంతపు ముల్లు.

Condenser కండెన్సర్, కెపాసిటర్ : రెండు లోహపు పలకల మధ్య, ఆవాహక పదార్థంగల విద్యుత్తు నిలువచేయగల సాధనం.

Conductor of electricity విద్యుద్వాహకం : విద్యుత్తును తమగుండా సులభంగా ప్రవహించ నిచ్చే పదార్థం ఉదా. లోహాలు.

Conductor o. heat ఉష్ణవాహకం : వేడిని తమగుండా సులభంగా ప్రవహించనిచ్చే పదార్థం. ఉదా. లోహాలు.

Coma కోమా : సంపూర్ణంగా స్పృహ కోల్పోవడం.

Coulomb కూలంబ్ : విద్యుత్తు ఛార్జిని కొలిచే ప్రమాణం. ఒక ఏంపియర్ కరెంటు ఒక సెకనుసేపు ప్రవహిస్తే అది ఒక కూలంబ్‌కి సమానం; లేదా విద్యుత్ విశ్లేషణంలో ఒక కూలంబు విద్యుత్తు 0.001118 గ్రాము వెండిని తొలగిస్తుంది. చార్ల్స్ కూలంబ్, 1736–1806, అనే ఫ్రెంచి విజ్ఞాని పేరును దీనికి పెట్టేరు.

Chlorine క్లోరిన్ : న్యూక్లియస్‌లో 17 ప్రోటానులు గల మూలపదార్థం. బరువైన ఆకుపచ్చరంగు విషవాయువు.

Centrifugal force అప కేంద్ర బలం : వక్రమార్గంలో కదులుతున్న వస్తువును ఆ వక్రమార్గ కేంద్రం నుంచి దూరంగా తోసేసే బలం.

Crookes dark space క్రూక్స్ చీకటి భాగం : డిశ్చార్జి ట్యూబులో కేథోడుకీ, కేథోడు వెలుగుకీ మధ్య ఏర్పడే చీకటి భాగం.

Crookes tube క్రూక్స్ ట్యూబు : అల్ప వాయుపీడనంలో హై వోల్టేజి విద్యుత్తు డిశ్చార్జి అయే గాజు గొట్టం. విలియం క్రూక్స్, 1832 – 1919, అనే బ్రిటిష్ విజ్ఞానిపేరు దీనికి పెట్టేరు.

Crystal స్ఫటికం : నిర్దిష్టక్రమంలో అణువులుగాని, అయానులుగాని అమరి ఉన్న పదార్థం ఉదా. ఉప్పు, పంచదార, వజ్రం.

Curie క్యూరీ : రేడియోధార్మికపదార్థాల రేడియేషన్ కొలతకి ప్రమాణం. రేడియంధాతువును కనుగొన్న మేరీ క్యూరీ, 1857– 1934, అనేపోలిష్ విజ్ఞానిపేరు

దీనికి పెట్టేరు. సెకనుకి 3.7×10^{10} కేంద్రకాల చొప్పున పగిలిపోతున్న రేడియోధార్మిక ధాతు పదార్థం ఒక క్యూరీకి సమానం.

Current, Electric విద్యుత్ప్రవాహం, కరెంటు : ఎలక్ట్రానుల కదలికనే కరెంటు అంటారు.

Davy's safety lamp డేవీ రక్షక దీపం : బొగ్గుగనిలోకి కూలీలు తీసుకు వెళ్లే దీపాల మంటవల్ల అక్కడ జమ కూడిన మీథేన్ వాయువు పేలి, జన నష్టం జరుగుతూ ఉండేది. ఈ పేలుళ్ళు జరగకుండా వెలుగు మాత్రమే ఇచ్చే దీపాన్ని హంఫ్రీ డేవీ కనిపెట్టేడు. గాజుచిమ్నీకి బదులు రాగి తీగల వలతో చేసిన చిమ్నీ ఇందులో ముఖ్య భాగం. రాగి తీగలు మంచి ఉష్ణవాహకాలు కనుక మీథేన్ వాయువు మండి పేలడానికి అవసరమైనంత ఉష్ణోగ్రత ఏర్పడదు.

Decibel డెసీబెల్ : ఒక ధ్వనికన్న రెండవ ధ్వని ఎంత హెచ్చుగా ఉందో తెలిపే ప్రమాణానికి "బెల్" అని పేరు. ఇందులో 10వ వంతును "డెసీబెల్" అంటారు. ఈధ్వనుల నిష్పత్తి 10^n అయితే అది n బెల్స్ అంటారు.

Discharge, Electric విద్యుత్తు డిశ్చార్జి : స్పార్కుల ద్వారా వేగంగానీ, స్పార్కులు లేకుండా నెమ్మదిగా గానీ విద్యుదావేశం తటస్థం కావడం.

Discharge tube డిశ్చార్జి ట్యూబు, డిశ్చార్జి గొట్టం : చూడు Crookes Tube.

Dip magnet అయస్కాంతనతి: అడ్డ ఇరుసుమీద బేలన్సు చేయబడిన ఉక్కు ముల్లును అయస్కాంతపు ముల్లు గామార్చే క్షితిజ సమాంతరంగా ఉండక భూగోళం మీద వివిధ అక్షాంశములలో వివిధ కోణములలో వంగుతుంది భూ అయస్కాంత ఆకర్షణవల్ల. ఈ విధంగా వంగిన కోణమును "అయస్కాంతనతి" అంటారు. ఈనతి భూమధ్య రేఖ దగ్గర 0°, భూ అయస్కాంతధ్రువము దగ్గర 90° ఉంటుంది.

Dipole aerial డైపోల్ ఏరియల్ : ఒక్కొక్కటీ "పావు అలపొడవు" కలిగిన రెండు తీగలను ఒకే సరళరేఖలో, మధ్య చిన్న ఎడంతో, భూమికి కొంత ఎత్తులో కట్టి, వాటినడిమి కొసలను రిసీవరుకి కలిపి తయారుచేసిన ఏరియల్.

Dynamo డైనమో : చలన శక్తిని విద్యుచ్ఛక్తిగా మార్చేసాధనం. అయస్కాంతధ్రువాలమధ్య తీగచుట్టను తిప్పితే ఆతీగలో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుంది.

Earthing ఎర్తింగ్ : సర్క్యూటును భూమికి కలపడం.

Electric eel ఎలక్ట్రిక్ ఈల్ చేప, గిమ్నోటస్ ఎలక్ట్రికస్: దక్షిణ అమెరికాలో తియ్యనీటి సరస్సులలో నివసించే ఈ చేపలు సుమారు 500 వోల్టుల ఎలక్ట్రిక్ షాక్ ఇవ్వగలవు. ఇవి ఆత్మరక్షణకూ, ఆహారసంపాదనకూ దీనిని ఉపయోగించుకుంటాయి.

Electrical machine విద్యుద్యంత్రం : రుద్దుడు ద్వారాస్థిర విద్యుత్తును తయారు చేసేయంత్రం.

Electrode ఎలక్ట్రోడు, ధ్రువం : ద్రవంలోకిగానీ, వాయువు లోకిగానీ, శరీరం లోకి గానీ విద్యుత్తు ప్రవహింపజేయడానికి ఉపయోగించే ఊచగాని, పలకగాని కావచ్చు.

Electro encephalo graph ఎలక్ట్రోఎన్‌సెఫాలో గ్రాఫ్ : మెదడులో పుట్టే అల్పవిద్యుత్తరంగాలను పెద్దవి గా చేసి వ్రాసేయంత్రం.

Electromagnet విద్యుదయస్కాంతం : ఇనుపముక్కమీద చుట్టిన తీగలో ప్రవహించినవిద్యుత్తు వల్ల అయస్కాంతంగా మారిన ఇనుపముక్క.

Electro meter ఎలక్ట్రోమీటరు : అల్పవిద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కొలిచేసాధనం.

Electroscope, Gold leaf బంగారురేకుల ఎలక్ట్రోస్కోపు : విద్యుత్ ఛార్జి ఉనికిని చూపే పని ముట్టు. అజ్ఞాత వస్తువును ఎలక్ట్రోస్కోపుతాలూకు రాగి చువ్వ దగ్గరకు తీసుకువస్తే, ఆచువ్వ చివర అతికించిన పలుచని బంగారు రేకులజంట–సజాతివిద్యుత్తులు వికర్షించుకుంటాయి అనే సూత్రం ప్రకారం–దూరంగా విచ్చుకుంటే ఆ అజ్ఞాతవస్తువు విద్యుదావేశితమైనదని తెలుస్తుంది.

Electrum ఎలక్ట్రం, ఏంబర్ : ఉన్నితో రుద్దితే ఎండుగడ్డి పరకలను ఆకర్షించే ఏంబర్‌ని లాటిన్ భాషలో పూర్వం ఎలక్ట్రం అనేవారు. తరువాత దీనినుంచే ఎలక్ట్రిసిటీ అనేమాట పుట్టింది.

Electricity ఎలక్ట్రిసిటీ, విద్యుత్తు : ఉన్నిబట్టతో రుద్దబడిన ఏంబర్ ఎండుగడ్డి పరకలను ఆకర్షించే లక్షణాన్ని మొట్ట మొదట్లో ఎలక్ట్రిసిటీ అనేవారు.

Electric arc ఎలక్ట్రిక్ ఆర్క్ : గాలిలోలేక ఏదైనా వాయువులో రెండు ఎలక్ట్రోడుల మధ్య విద్యుత్తు ప్రవహించి, హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతగల మంట, వెలుగు ఏర్పడితే దానిని ఎలక్ట్రిక్ ఆర్క్ అంటారు.

Electricity, Animal జీవ విద్యుత్తు : సమస్త జీవుల నాడులలో, కండరాలలో అల్పంగానూ, ఎలక్ట్రిక్ ఈల్ వంటి కొద్దిరకాల చేపలలో హెచ్చు మోతాదులోనూ తయారయే విద్యుత్తు.

Electricity, Chemical రసాయన విద్యుత్తు : విద్యుద్ఘటాలలో రసాయన శక్తి నుంచి తయారైన విద్యుత్తు.

Electricity, Contact సంపర్క విద్యుత్తు : రెండు వేరు వేరు లోహాలను కలిపితే తయారయే అల్పమైన విద్యుత్తు.

Electricity, Frictional ఘర్షణ విద్యుత్తు : రుద్దడంవల్ల ఏర్పడే స్థిర విద్యుత్తు. రెండు అవాహక పదార్థాలను ఒకదానితో ఒకటి రుద్దితే ఒక వస్తువుమీద ధనవిద్యుత్తు, రెండవ వస్తువు మీద రుణ విద్యుత్తు ఏర్పడతాయి.

Electricity, Photo ఫొటో విద్యుత్తు : సెలేనియం వంటి కొన్ని వస్తువుల మీద కాంతిపడితే ఎలక్ట్రానులు విడుదలఅయి, విద్యుత్తు తయారవుతుంది.

Electricity, Peizo పీజో విద్యుత్తు : కొన్నిరకాల స్ఫటికాలను నొక్కితే పుట్టే విద్యుత్తు, ఉదా. రోషెల్ సాల్ట్, కాల్‌స్పార్.

Electricity, Pyro పైరో విద్యుత్తు : కొన్నిరకాల స్ఫటికాల ఉష్ణోగ్రత పెంచినా, తగ్గించినా పుట్టే విద్యుత్తు. ఉదా. టూర్మలిన్, టార్టారిక్ ఏసిడు, లీథియం సోడియం సల్ఫేట్, క్వార్ట్జ్, చెరకు, పంచదార స్ఫటికాలు.

Electricity, Thermo థెర్మో విద్యుత్తు : రెండు వేరు వేరు లోహాల తీగల కొసలు అతుకుపెట్టి, ఒక కొస హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతలోనూ రెండవ కొస తక్కువ

ఉష్ణోగ్రతలోనూ ఉంచితే, ఆ తీగల సర్క్యూటులో ప్రవహించే విద్యుత్తు.

Electricity, Resinous ఏంబర్ విద్యుత్తు : ఏంబర్‌ని ఉన్నిబట్టతో రుద్దితే ఏంబర్‌మీద ఏర్పడే విద్యుత్తు. దీనిని రుణ విద్యుత్తు అన్నారు.

Electric rotations విద్యుద్భ్రమణాలు : విద్యుత్ ప్రవాహం వల్ల తీగ గుండ్రాలు తిరగడం.

Electricity, Static స్థిర విద్యుత్తు : విద్యుత్తు ప్రవహించనీయని రెండు వస్తువులను ఒకదానితో ఒకటి రుద్దితే ఏర్పడే విద్యుత్తు. ఇది ప్రవహించకుండా ఉన్నచోటనే ఉంటుంది.

Electricity, Vitreous గాజు విద్యుత్తు : గాజును సిల్కుబట్టతో రుద్దగా, గాజు మీద ఏర్పడే విద్యుత్తు. దీనిని ధనవిద్యుత్తు అన్నారు.

Electrolysis విద్యుద్విశ్లేషణం, ఎలక్ట్రోలిసిస్ : ద్రవ రూపంలో ఉన్న రసాయన సంయోజనంలో ముంచిన రెండు ఎలక్ట్రోడుల మధ్య విద్యుత్తు ప్రవహింప జేయడం ద్వారా, ఆ సంయోజనాన్ని ఛేదించడం.

Electromagnetic waves విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు : రోదసిలో తరంగాల రూపంలో ప్రయాణించేసే విద్యుచ్ఛక్తి. ఉదా. రేడియో తరంగాలు, ఉష్ణ తరంగాలు, కంటికి కనిపించే కాంతి, అతి నీలలోహిత కాంతి, X- కిరణాలు, గామా కిరణాలు. అలపొడవు భేదమే తప్ప ఇవి అన్నీ ఒకే జాతికి చెందిన తరంగాలు.

Electron ఎలక్ట్రాన్ : అల్పతమ ద్రవ్యరాశి, ఒక్క రుణ విద్యుత్ ఛార్జి కలిగిన సూక్ష్మకణం. న్యూక్లియస్‌లోని ప్రోటానులకు సరిసమానసంఖ్యలో ఎలక్ట్రానులు విశ్వంలోని ప్రతి పరమాణు కేంద్రకంచుట్టూ తిరుగుతూ ఉంటాయి.

Electron charge ఎలక్ట్రాన్ ఛార్జి : అల్పతమ రుణ విద్యుత్ ఖండం $= 4.8025 \times 10^{-10}$ ఎలక్ట్రోస్టాటిక్ ప్రమాణాలు.

Electron mass ఎలక్ట్రాన్ ద్రవ్యరాశి : 9.1066×10^{-28} గ్రాము.

Element ధాతువు, మూల పదార్థం : హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్, వెండి, బంగారం, పాదరసం, రేడియం, యురేనియం వంటి సుమారు 100 రకాల అతి సాధారణ పదార్థాలు. వీటిని ఇంతకన్న సాధారణ పదార్థాలుగా పగులగొట్టడం సాధ్యం కాదు. విశ్వంలోని సమస్త వస్తువులూ వీటితోనే నిర్మింపబడ్డాయి.

Electron shell ఎలక్ట్రాను గుల్ల : పరమాణు కేంద్రకంచుట్టూ తిరుగుతున్న ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్యాదీర్ఘవ్యాసం స్థిరంగా ఉండక కదిలిపోతూ ఉండడంచేత, ఎలక్ట్రాన్ కక్ష్య న్యూక్లియస్ చుట్టూ ఉంగరంలాగ కాక, పూర్తిగా మూస్తూ గుల్ల లాగ ఉంటుంది.

Electroplating ఎలక్ట్రోప్లేటింగ్ : విద్యుద్విశ్లేషణంద్వారా ఏ వస్తువు మీదనైనా లోహపు పూత వేయడం.

Exposure meter ఎక్స్‌పోజర్ మీటరు : ఫొటోగ్రఫిక్ ఫిల్ముమీద వెలుగు ఎంతసేపు పడాలో తెలయజెప్పే సాధనం.

Farad ఫేరడ్ : కండెన్సరుయొక్క విద్యుత్తు నిలువచేయగల సామర్థ్యాన్ని సూచించే ప్రమాణం. మైకేల్ ఫేరడే, 1791 – 1867, అనే బ్రిటిష్ శాస్త్రజ్ఞుడి పేరు దీనికి పెట్టేరు.

Faraday dark space ఫేరడే చీకటి భాగం : డిశ్చార్జి ట్యూబులో కేథోడు వెలుగుకీ, ధన కాంతిస్తంభపు చారలకీ మధ్య ఏర్పడే చీకటి భాగం.

Florescence ఫ్లోరసెన్స్ : అతి నీలలోహిత కాంతినిగానీ, X- కిరణాలనుగానీ పీల్చుకుని, కంటికి కనిపించేకాంతిని విడిచిపెట్టే లక్షణం. ఇందులో పీల్చుకునే రేడియేషన్ ఆగిపోయినవెంటనే విడుదలచేసే కాంతి కూడా ఆగిపోతుంది.

Florescent screen ఫ్లోరసెంట్ తెర : ఎలక్ట్రానులు, ప్రోటానులు, ఆల్ఫా కణాల వంటి విద్యుత్తుగల కణాలు వచ్చి గుద్దుకుంటే వెలుగుచుక్క ఏర్పడే తెర. ఉదా. జింక్ సల్ఫైడు పూసిన గాజు పలక.

Fossils శిలాజములు : భూమిలో శిలారూపం చెందిన ప్రాచీన జంతు వృక్ష అవశేషాలను గానీ, వాటి ముద్రలను గానీ ఫాసిల్సు అంటారు.

Galvanometer గాల్వనో మీటరు : అల్ప విద్యుత్ప్రవాహ బలాన్ని కొలిచే సాధనం. దీనిని కనిపెట్టినది ఏంపియర్ అనే శాస్త్రజ్ఞుడే అయినా లూయిగీ గాల్వనీ, 1737 – 1798, అనే ఇటాలియన్ శాస్త్రజ్ఞుని గౌరవార్థం ఈపేరు పెట్టేరు.

Gamma rays గామా కిరణాలు : 1.5నుంచి 10^{-4} ఏంగ్‌స్ట్రామ్ ప్రమాణాల అల పొడవు కలిగిన విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు. X- కిరణాలను పోలిన, అంతకన్న చాలా శక్తిమంతమైన ఈ గామా కిరణాలు రేడియో ధార్మిక పరమాణు కేంద్రకాలు పగిలినప్పుడు విడుదల అవుతాయి. మందమైన లోహంలోంచి కూడా చొచ్చుకుపోగలిగిన ఈ కిరణాలు జీవుల శరీరానికి తగిలితే ఎముకల లోపల రక్తకణాలను తయారుచేసే "మూలుగు" ను నాశనం చేయగలవు; కనుక చాలా ప్రమాదకారులు.

Generator జెనరేటరు : విద్యుత్ప్రవాహాన్ని తయారుచేసే యంత్రం. అయస్కాంతధ్రువాల మధ్య తిప్పే తీగచుట్టలో విద్యుత్తు తయారవుతుంది.

Gravitational attraction గురుత్వాకర్షణ : రెండు ద్రవ్యరాశులమధ్య ఆకర్షణ బలం ఆ ద్రవ్యరాశుల లబ్దమునకు అనులోమంగానూ, వాటి మధ్యగల దూరపు వర్గానికి విలోమంగానూ ఉంటుందని న్యూటన్ కనుక్కున్నాడు.

Half-life period అర్ధ జీవితకాలం : రేడియో ధార్మిక పదార్థంలోని సగం పరమాణువులు పగిలిపోవడానికి పట్టేకాలం. ప్రతీ రేడియో ధార్మిక పదార్థానికీ ఈ అర్ధ జీవిత కాలం స్థిరంగా ఉంటుంది.

Helium హీలియం : న్యూక్లియస్‌లో 2 ప్రోటానులుగల మూల పదార్థం.

Henry హెన్రీ : ఆత్మప్రేరణ = Self Inductanceకి ఇది ప్రమాణం. తీగచుట్టలోని కరెంటు సెకనుకి ఒక ఏంపియరు రేటున మారుతూ ఉంటే అదే చుట్టలో ఒక వోల్టు విద్యుత్పీడనం ఏర్పడితే ఆ తీగచుట్ట ఆత్మ విద్యుత్ ప్రేరణం ఒకహెన్రీకి సమానం. జోసెఫ్ హెన్రీ, 1797 – 1878, అనే అమెరికన్ విజ్ఞాని పేరు దీనికి పెట్టేరు.

Hertz హెర్ట్జ్ : A C కరెంటు ఫ్రీక్వెన్సీకి ఇది ప్రమాణం. సెకనుకి ఒక "సైకిలు" రేటున మారితే అది ఒకహెర్ట్జ్‌కి సమానం. హైన్రిక్ హెర్ట్జ్, 1857 – 1894, అనే జర్మన్ శాస్త్రజ్ఞుడి పేరు దీనికి పెట్టేరు.

Induction ప్రేరణం : అయస్కాంతానికి దగ్గరలో ఇనుపముక్కని ఉంచితే, అందులో అయస్కాంతత్వం ప్రేరిత మవుతుంది. స్థిర విద్యుత్తుగల వస్తువుకి సమీపంలో మరో వస్తువునుంచితే దానిలో వ్యతిరేక సంజ్ఞగల విద్యుత్తు ప్రేరితమవుతుంది. అయస్కాంత సమీపంలో తీగ చుట్టని కదిలిస్తే దానిలో విద్యుత్తు ప్రేరితం అవుతుంది. దీనిని విద్యుదయస్కాంత ప్రేరణం అంటారు.

Induction coil ఇండక్షన్ కోయిల్ : D C అల్ప వోల్టేజిని A C హైవోల్టేజిగా మార్చే సాధనం.

Infrared rays ఇన్ఫ్రారెడ్ కిరణాలు : కంటికి కనిపించే కాంతి తరంగాల కన్న పొడుగు, రేడియో తరంగాలకన్న పొట్టి అల పొడవుగల, 8000 ఏంగ్‌స్ట్రాములకి 0.04 సెం.మీ.కీ మధ్య అల పొడవుగల, విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు. ఇవే ఉష్ణ తరంగాలు.

Injury current క్షతి విద్యుత్తు : దెబ్బ తగిలిన చోట నాడులలో తయారయే విద్యుత్తు

Insulator, Electrical ఇన్సులేటర్, అవాహకం : విద్యుత్తు ప్రవహించకుండా నిరోధించే దినుసు ఉదా. రబ్బరు, గాజు, అభ్రకం.

Inverse square law విలోమ వర్గ సూత్రం : కాంతి, విద్యుత్తు, అయస్కాంతత్వము, గురుత్వాకర్షణ వంటివి దూరం రెట్టింపు అయితే బలం నాలుగోవంతు అవుతుంది. లేదా దూరం d అయితే, బలం $1/d^2$ రెట్లు తగ్గిపోతుంది. దీనిని విలోమవర్గ సూత్రం అంటారు.

Ion అయాన్ : పూర్తిగా ఉండవలసిన సంఖ్యకన్న కొన్ని ఎలక్ట్రానులు లోపించిన అణువు ధన విద్యుత్తును ప్రదర్శిస్తుంది; దీనిని "ధన అయాన్" అంటారు. ఉండవలసిన సంఖ్యకన్న ఎక్కువ ఎలక్ట్రానులు అతుక్కున్న అణువు రుణ విద్యుత్తును ప్రదర్శిస్తుంది. దీనిని "రుణ అయాన్" అంటారు.

Isotope ఐసోటోపు : న్యూక్లియస్‌లో ప్రోటానుల సంఖ్య ఒకటే ఉండి, న్యూట్రానుల సంఖ్య మాత్రం వేరు వేరుగా ఉన్న పరమాణువులు. వీటికి పరమాణు భారం వేరు వేరుగా ఉంటుంది; రసాయన ధర్మాలు మాత్రం ఒకటే. ఉదా. న్యూక్లియస్‌లో 1 ప్రోటాను ఉన్నదిహైడ్రోజన్. ఇది కాక 1 ప్రోటాను + 1 న్యూట్రను ఉన్న పరమాణువులు, 1 ప్రోటాను + 2 న్యూట్రానులు ఉన్న పరమాణువులుకూడా ఉన్నాయి. బరువులు వేరైనప్పటికీ ఇవి అన్నీ రసాయనికంగా హైడ్రోజన్ పరమాణువులే. వీటిని ఐసోటోపులు అంటారు.

Kilo Watt - Hour కిలోవాట్‌గంట : విద్యుచ్ఛక్తిని కొలిచే ప్రమాణం. కిలో వాట్ రేటున ఒకగంటసేపట్లో ఖర్చు అయిన విద్యుత్తు.

Kinetic theory of gases వాయు గతి సిద్ధాంతం : వాయువుల అణువులు కఠినమైన బంతులనీ, ఇవి ఒక దానితో ఒకటి నిరంతరమూ గుద్దుకుంటూ విడిపోతూ ఉంటాయనీ ఊహించుకుని, దీని సాయంతో వాయువుల వత్తిడి, సాంద్రత, ఉష్ణోగ్రత వంటి స్థూల భౌతిక లక్షణాలను వివరించే సిద్ధాంతం.

Kelvin's temperature scale కెల్విన్ ఉష్ణోగ్రతస్కేలు : ఈ స్కేలులో 0K=-273°C

నీరు గడ్డ కట్టే ఉష్ణోగ్రత 273 K = 0° C నీరు మరిగే ఉష్ణోగ్రత 373 K = 100° C

Leyden jar లైడెన్ జార్ : లోపల, వెలుపల అల్యూమినియపు రేకులు అతికించిన గాజు బుడ్డి. రెండు లోహపు పలకల మధ్య అవాహకమైన గాజు ఉండడంచేత ఇది కండెన్సరులాగ విద్యుత్తును నిలువ చేస్తుంది.

Lightning మెరుపు : మబ్బులలో విద్యుత్తు డిశ్చార్జి అయినప్పుడు పుట్టే వెలుగు.

Light, Visible కంటికి కనిపించే కాంతి : 3600 – 8000 ఏంగ్‌స్ట్రాముల మధ్య అల పొడవుగల విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు.

Lithium లీథియం : న్యూక్లియస్‌లో 3 ప్రోటానులు గల మూల పదార్థం.

Magnetite మేగ్నటైట్ : అయస్కాంత ధర్మంగల ఐరన్ ఆక్సైడ్, Fe_3O_4.

Magnetic compass అయస్కాంత దిక్సూచి : భూ అయస్కాంతంచేత ఆకర్షింపబడి, ఉత్తర – దక్షిణ దిక్కులను సూచించే అయస్కాంతపు ముల్లు.

Maxwellian distribution మాక్స్‌వెల్ వితరణం : వాయువుల అణువులు నిరంతరం కదులుతూ, గుద్దుకుంటూ దారిమళ్ళుతూ ఉంటాయి. వాటి సరాసరి వేగం ఆవాయు అణువుల బరువు మీద, వాటి ఉష్ణోగ్రత మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. కొన్ని అణువులు ఈ సరాసరి కన్న హెచ్చు వేగాలతోనూ, కొన్ని తక్కువ వేగాలతోనూ కదులుతూ ఉంటాయి. ఆ అణువేగముల వితరణం సరాసరి వేగానికి అటూ ఇటూ ఏ విధంగా ఉంటుందో చూపే – జేమ్స్‌క్లెర్క్ మాక్స్‌వెల్ తయారు చేసిన గణిత సూత్రం.

Molecule అణువు : సంయోజనం యొక్క రసాయన ధర్మాలు అన్నీ కలిగిఉన్న అత్యంత సూక్ష్మ కణం.

Motor మోటారు : విద్యుచ్ఛక్తిని చలనశక్తిగా మార్చే సాధనం.

Neon నియాన్ : న్యూక్లియస్‌లో 10 ప్రోటానులుగల మూల పదార్థం. భూవాతావరణంలో 50,000లో 1వంతు ఈ వాయువు ఉంది.

Neon lamp నియాన్ దీపం : స్వల్పంగా నియాన్ వాయువుగల గాజు గొట్టంలో ఎలక్ట్రిక్ డిశ్చార్జివల్ల ఎరుపు రంగు కాంతి వెలువడుతుంది.

Neutron న్యూట్రాన్ : ప్రోటానుతో సమానమైన బరువు కలిగి, విద్యుద్రహితమైన సూక్ష్మ కణం.

Nucleus of atom న్యూక్లియస్, పరమాణు కేంద్రకం : ఇంచుమించుగా పరమాణువు మొత్తం బరువు అంతా కేంద్రీకృతమై ఉండే కేంద్రభాగం. ఇందులో ధన విద్యుత్తుగల ప్రోటానులు, విద్యుద్రహితమైన న్యూట్రానులు ఉంటాయి. దీని చుట్టూ రుణ విద్యుత్తుగల ఎలక్ట్రానులు ప్రదక్షిణాలు చేస్తూ ఉంటాయి.

Neptunium నెప్ట్యూనియం : 93 ప్రోటానులుగల రేడియో ధార్మిక మూల పదార్థం. U-238కి ఒక న్యూట్రాన్ వచ్చి తగిలితే U-239 ఏర్పడుతుంది; ఇది ఒక ఎలక్ట్రానును విడిచిపెట్టి, నెప్ట్యూనియంగా మారుతుంది. ఇది మరొక ఎలక్ట్రానును విడిచిపెట్టి ప్లూటోనియంగా మారుతుంది.

Nodes నిశ్చల బిందువులు : చూడు Standing Waves.

Oersted ఆయిర్‌స్టెడ్ : అయస్కాంత క్షేత్రబలాన్ని కొలిచే ప్రమాణం. హాన్స్ క్రిస్టియన్ ఆయిర్‌స్టెడ్, **1777 – 1851,** అనే డేనిష్ శాస్త్రజ్ఞునిపేరు దీనికి పెట్టేరు.

Ohm ఓమ్ : విద్యున్నిరోధాన్ని కొలిచే ప్రమాణం. విద్యుద్వాహకపు కొసలయందు ఒక వోల్టు విద్యుత్పీడనం కల్పించగా ఒక ఏంపియర్ కరెంటు ప్రవహిస్తే దాని రెజిస్టెన్సు ఒక ఓమ్‌కి సమానం. జార్జి సైమన్ ఓమ్, **1787 – 1854,** అనే జర్మన్ విజ్ఞానిపేరు దీనికి పెట్టేరు.

Phosphorescence ఫాస్ఫొరెసెన్స్: కొన్ని రకాల వస్తువులు తమ మీద పడిన అతి నీలలోహిత కిరణాలను, X-కిరణాలను పీల్చుకుని, ఆ కాంతిని తీసేసిన తరవాతకూడా కొంతసేపటి వరకూ కంటికి కనిపించే కాంతిని విడుదల చేసే లక్షణం.

Precession of the orbit of Mercury బుధగ్రహ కక్ష్యాచలనం : సూర్యుని చుట్టూ గ్రహకక్ష్యలు స్థిరంగా ఉండక కదిలిపోతూ ఉంటాయి. దీనికి ఒక కారణం ఇతర గ్రహాల ఆకర్షణ, రెండవది సాపేక్ష సిద్ధాంతమూను.

Plutonium ప్లూటోనియం : న్యూక్లియస్‌లో 94 ప్రోటానులుగల మూల పదార్థం. కృత్రిమంగా పరమాణు రియాక్టర్లలో తయారయే ఈ ధాతువుతో ఆటంబాంబులు తయారు చేయవచ్చు. చూడు నెప్ట్యూనియం.

Polonium పొలోనియం : న్యూక్లియస్‌లో 94 ప్రోటానులుగల రేడియో ధార్మిక మూల పదార్థం. దీనిని కనిపెట్టిన మేరీ క్యూరీ తన స్వదేశమైన పోలండు పేరుమీదుగా ఈ పేరు పెట్టింది.

Potassium పొటాసియం : న్యూక్లియస్‌లో 19 ప్రోటానులుగల మూల పదార్థం. విద్యుద్విశ్లేషణంద్వారా హంఫ్రీ డేవీ దీనిని విడదీయగలిగేడు.

Platinum ప్లాటినం : న్యూక్లియస్‌లో 78 ప్రోటానులుగల మూల పదార్థం. దీనితో విద్యుత్పరికరాలు నిర్మిస్తారు.

Pitchblende పిచ్‌బ్లెండ్ : యురేనియం ఆక్సైడు ఖనిజం. ఇందులో యురేనియంతోబాటు పొలోనియం, రేడియం, ఏక్టినియం అనే రేడియో ధార్మిక ధాతువులు స్వల్పంగా కలిసి ఉన్నాయి.

Potential, Electric విద్యుత్పీడనం : A, B అనే రెండు బిందువుల మధ్య విద్యుత్పీడన భేదం ఉంటే ఆ బిందువులను రాగి తీగవంటి విద్యుద్వాహకంతో కలిపితే, ఆ తీగలో A నుంచి Bకి లేదా B నుంచి Aకి కరెంటు ప్రవహిస్తుంది. ఈ విద్యుత్పీడన భేదాన్ని వోల్టులలో కొలుస్తారు.

Primary coil ప్రైమరీ తీగలచుట్ట : ఇనుపకడ్డీమీద రెండు వేరు వేరు ఇన్సులేటెడ్ తీగలతో రెండు చుట్టలు చుట్టి, ఒక చుట్టలో విద్యుత్తు ప్రవహింపచేస్తే రెండవ చుట్టలో విద్యుత్తు ప్రేరితమవుతుంది. ఇందులో మొదటి చుట్టను "ప్రైమరీ", రెండవ చుట్టను "సెకండరీ" అంటారు.

Proton ప్రోటాన్ : హైడ్రోజన్ పరమాణు కేంద్రకంగా ఏర్పడ్డ ధన విద్యుత్తుగ సూక్ష్మ కణం. దీని బరువు ఎలక్ట్రాను బరువుకి 1840 రెట్లు. దీని విద్యుత్ ఛార్జి ఎలక్ట్రాను

విద్యుత్ ఛార్జికి సమానమూ, వ్యతిరేకమూనూ.

Pulse, Electric ఎలక్ట్రిక్ పల్స్ : కరెంటు లేదా వోల్టేజి అట్టడుగు స్థితి నుంచి హఠాత్తుగా కొంత ఎత్తుకి పెరిగి, అక్కడ కొంతసేపు స్థిరంగా ఉండి, మళ్లీ హఠాత్తుగా అట్టడుగు స్థితికి తగ్గిపోతే దానిని ఎలక్ట్రిక్ పల్స్ అంటారు.

Radioactivity రేడియో ధార్మికత : కొన్ని మూల పదార్థాల పరమాణు కేంద్రకాలు ఉన్నట్లుండి బహిః ప్రేరణ లేకుండానే పగిలి, ఋణ ధన విద్యుత్కణాలూ, బహు శక్తిమంతమైన గామా కిరణాలూ బయటికి వస్తూ ఉండే లక్షణం.

Radiation రేడియేషన్ : రేడియో ధార్మిక పరమాణు కేంద్రకాలు పగిలి బయటికి విసిరివేయబడే ధన ఋణ విద్యుత్కణాలనూ, గామా కిరణాలనూ కలిపి రేడియేషన్ అంటారు.

Radium రేడియం : న్యూక్లియస్‌లో 88 ప్రోటానులుగల, తీవ్ర రేడియో ధార్మికత గల మూల పదార్థం. తన రేడియేషన్‌వల్ల ఇది చీకట్లో మెరుస్తుంది, చుట్టుపక్కల వస్తువులకన్న హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతలో ఉంటుంది.

Radio waves రేడియో తరంగాలు : 0.04 సెం.మీ. కన్న ఎక్కువ అల పొడవుగల విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు.

Resistance నిరోధం, రెజిస్టెన్స్ : ఏదైనా వస్తువులో విద్యుత్ప్రవాహానికి నిరోధం. దీనిని ఓమ్ ప్రమాణాలలో కొలుస్తారు. చూడు Ohm.

Radar రాడార్ : Radio Directing and Rangingకి హ్రస్వరూపం. విమానాలు మొదలైన వస్తువులు ఏ దిశలో ఎంతదూరంలో ఉన్నాయో మాత్రమేకాక ఏ దిశలో ఎంతవేగంగా ప్రయాణం చేస్తున్నాయోకూడా తెలియజెప్పగల సాధనం. ట్రాన్స్‌మీటరు పంపిన రేడియో పల్సెస్ ఆ దూరవస్తువుకి తగిలి, పరావర్తనం చెంది వచ్చి, రిసీవరులో తెరమీద కనబడతాయి. చీకట్లోనూ, మబ్బు, పొగమంచు కమ్మినప్పుడూ కూడా రాడార్ ఎదుటి వస్తువులను తెరమీద చూపిస్తుంది.

Radio రేడియో : రేడియో తరంగాల ద్వారా శబ్దాలను దూరానికి ప్రసారం చేయగల, అందుకోగల సాధనం.

Resting state విశ్రాంతి స్థితి : విద్యుత్తు రూపంలో సమాచారం అందుకోని స్థితిలో నాడులలో వోల్టేజి $-\frac{1}{20}$ వోల్టు ఉంది.

Reaction pulse స్పందన పల్స్ : సమాచారాన్ని అందుకున్న నాడులలో వోల్టేజి $-\frac{1}{20}$ నుంచి $+\frac{1}{20}$ వోల్టుకి చటుక్కున పెరిగి మళ్ళీ యథాస్థితికి వచ్చేస్తోంది. దీనిని స్పందన పల్స్ అంటారు.

Semaphore telegraph సెమఫోర్ టెలిగ్రాఫ్ : తాళ్ళతో కదుపదగ్గ మూడు దూలముల వివిధ భంగిమల కూర్పులతో రోమను లిపిలోని 26 అక్షరాలను, పది అంకెలను, విరామ సంజ్ఞలకు సంకేతాలు ఏర్పరచి నిర్మించిన టెలిగ్రాఫు.

Secondary coil సెకండరీ కోయిల్ : చూడు Primary Coil.

Standing waves స్థిర తరంగాలు : ముందుకి వెళ్లే తరంగానికి అడ్డు తగిలితే అది

పరావర్తనం చెంది వెనక్కి తిరిగి వస్తుంది. ముందుకీ, వెనక్కీ వెళ్లే తరంగాలు రెండూ కలిసిపోయి స్థిర తరంగం ఏర్పడుతుంది. పరావర్తన బిందువునుంచి అర్థ అల పొడవు దూరాలలో ఏంతమాత్రమూ కదలని Nodes లేక *"నిశ్చల బిందువులు"* ఏర్పడతాయి. ఈ నిశ్చల బిందువులకు సరిగ్గా మధ్యలో అత్యధికంగా కదిలే Anti-Nodes లేక *"ఉచ్చల బిందువులు"* ఏర్పడతాయి.

Spectrum స్పెక్ట్రమ్, వర్ణపటం : ప్రిజం గుండా దూరి వెళ్లిన కాంతి విస్తరించి ఏర్పడ్డ వివిధ వర్ణములు.

Speed of light కాంతి వేగం : విద్యుదయస్కాంత తరంగములన్నీ శూన్య ప్రదేశములో ప్రయాణం చేసే వేగం = సెకనుకి 3 లక్షల కిలోమీటర్లు. సృష్టిలో ఇదే వేగములకు పరమావధి.

Telegraph టెలిగ్రాఫు : విద్యుత్తు ద్వారా దూరానికి వార్తలను ప్రసారం చేయగల, అందుకోగల సాధనం.

Telephone టెలిఫోను : విద్యుత్తు ద్వారా దూరానికి శబ్దాలను ప్రసారం చేయగల, అందుకోగల సాధనం.

Television టెలివిజన్ : రేడియో తరంగాలద్వారా బొమ్మలను, శబ్దాలను దూరానికి ప్రసారం చేయగల, అందుకోగల సాధనం.

Torpedoray fish టార్పెడోరే చేప : తన శరీరంలో తయారయే హై వోల్టేజి విద్యుత్తుతో సమీపానికి వచ్చిన జంతువులను షాకు కొట్టి ఆత్మరక్షణ, ఆహార సంపాదన చేసుకోగల చేపలలో ఒకటి. ఇది మధ్యధరా సముద్రంలో ఉంటుంది.

Thorium థోరియం : న్యూక్లియస్‌లో 90 ప్రోటానులుగల రేడియో ధార్మిక మూల పదార్థం.

Torsion balance మెలితక్కెడ : విద్యుత్తు, అయస్కాంతము, గురుత్వాకర్షణ వంటి అల్ప బలములను కొలవడానికి ఉపయోగించే సాధనం. ఈ ఆకర్షణ లేదా వికర్షణ వల్ల కలిగే కదలికను సన్నని తీగ మెలితిరుగుడు వల్ల కలిగే "టార్క్" ని రోధించడం చేత ఏర్పడే కోణమే ఈ బలములకు కొలతగా పని చేస్తుంది.

Transformer ట్రాన్స్‌ఫార్మర్ : ఇనుప కడ్డీ మీదగాని, ఇనుప రింగు మీద గాని ఇన్సులేట్ చేయబడిన రెండు వేరు వేరు తీగలను చుట్టి, ఒక చుట్టలో వోల్టేజీని మారిస్తే రెండవ చుట్టలో ప్రేరణవల్ల వోల్టేజీ మారుతుంది. ఈ రెండు తీగచుట్టలలోని చుట్ల నిష్పత్తిని మార్చడం ద్వారా A C వోల్టేజిని పెంచడంగానీ, తగ్గించడంగానీ చేయగల సాధనం.

Transmutation of elements రసవాద విద్య : ఒక మూల పదార్థాన్ని మరో మూల పదార్థంగా మార్చడం కేవలం రసాయన పద్ధతులతో సాధ్యమేనని పూర్వం నమ్మి, క్షుద్ర లోహాలను బంగారంగా మార్చుకోడానికి విశ్వ ప్రయత్నాలు చేశారు. ఇది అసాధ్యమని తరవాత తెలుసుకున్నారు. రేడియో ధార్మిక మూల పదార్థాల పరమాణు కేంద్రకాలు తమంతటతామే అస్థిరత్వం వల్ల పగిలి, మరో మూల పదార్థ పరమాణువులుగా మారుతాయని ఈ శతాబ్ది ఆరంభంలో కనిపెట్టేరు. న్యూట్రానులతోనూ, మహా

వేగవంతమైన ప్రోటానులతోనూ, ఆల్ఫా కణాలతోనూ కొట్టి, కృత్రిమంగా మూల పదార్థాలను మార్చడం సాధ్యమేనని ధ్రువపరిచారు.

Uranium యురేనియం : న్యూక్లియస్‌లో 92 ప్రోటానులు గల మూల పదార్థం. ఇందులో U-235 ఐసోటోపును న్యూట్రానులతో కొడితే యురేనియం న్యూక్లియస్ నడిమికి విచ్చి, శక్తి విడుదల అవుతుంది. దీనితో ఆటంబాంబులనుగానీ, రియాక్టరులనుగానీ తయారు చేయవచ్చు.

Ultraviolet rays అతి నీల లోహిత కిరణాలు : 3600 – 25 ఏంగ్‌స్ట్రాముల మధ్య అల పొడవుగల విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు. కంటికి కనిపించే వైలెట్ రంగు కాంతికి వెలుపల ఉండడంచేత వీటికాపేరు వచ్చింది.

Visible light కంటికి కనిపించే కాంతి : ఎరుపు నుంచి వైలెట్ వరకూ గల విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు. వీటిని మాత్రమే మన కన్ను చూడగలదు.

Volt వోల్టు : విద్యుత్పీడనమును కొలిచే ప్రమాణం. రెండు బిందువులమధ్య ఒక కూలంబు ఛార్జిని కదపడానికి ఒక "జౌల్" పని చేయవలసి వస్తే ఆ బిందువులమధ్య విద్యుత్పీడనం ఒక వోల్టుకి సమానం. అలిస్సాండ్రో వోల్టా, 1745 – 1827, అనే ఇటాలియన్ విజ్ఞాని పేరు దీనికి పెట్టేరు.

Voltmeter వోల్టు మీటరు : విద్యుత్పీడనాన్ని కొలిచే సాధనం.

Voltage వోల్టేజి, విద్యుత్పీడనం : దీనిని వోల్టులలో కొలుస్తారు.

Voltaic cell వోల్టాయిక్ సెల్, వోల్టా విద్యుద్ఘటం : రెండు వేరు వేరు లోహపు బిళ్లల మధ్య తడిసిన కాగితం ఉంచితే ఆ రెండు లోహముల మధ్యని విద్యుత్తు ప్రవహిస్తుందని వోల్టా కనిపెట్టిన సాధనం.

Voltaic pile వోల్టాయిక్ స్తంభం : పెద్ద సంఖ్యలో వోల్టా విద్యుద్ఘటాలను ఒక దానిమీద ఒకటి పెడితే హెచ్చు వోల్టేజిని ఇచ్చే సాధనం.

Wavelength అల పొడవు, తరంగ దైర్ఘ్యం : తరంగంలో రెండు పక్క పక్క శిఖరాలమధ్య, లేదా రెండు పక్క పక్క లోయల మధ్య దూరం. రేడియో తరంగాల అల పొడవును సాధారణంగా మీటర్లలోనూ, తక్కిన విద్యుదయస్కాంత తరంగాల అలపొడవును ఏంగ్ స్ట్రామ్ ప్రమాణాలలోనూ కొలుస్తారు.